anxa
85-B
7988

Hans Universal Bibliothek

Nr. 6041–6044

Bücher der Naturwissenschaft
26. Band

Einführung in die Farbenlehre

von

Wilhelm Ostwald

Dies Buch ist auch gebunden käuflich!

Ulrich Middeldorf

Bücher der Naturwissenschaft
26. Band

Einführung in die Farbenlehre

von

Wilhelm Ostwald

Mit 1 unbunten und 2 bunten Tafeln
und 17 Zeichnungen im Text

Zweite, verbesserte Auflage

Verlag von Philipp Reclam jun. Leipzig

Copyright 1919 by Philipp Reclam jun. Leipzig

Holzfreies Papier

Druck von Philipp Reclam jun. Leipzig

Printed in Germany

Inhalt.

Einleitung 5
I. Die Ordnung der Farben 9
II. Die Physik der Farben 22
III. Bezogene und unbezogene Farben 35
IV. Die unbunten Farben 40
V. Die bunten Farben. 63
VI. Die Messung der Farben 72
VII. Die Ordnung des Farbkreises 88
VIII. Die Bezeichnung der Farben 99
IX. Warme und kalte Farben 106
X. Farbnormen 108
XI. Die Harmonie der Farben 132

Einleitung.

Das Bedürfnis, aus welchem Goethe, der Dichter sich den scheinbar so fernliegenden Problemen der Farbenlehre gerade in der Zeit seiner höchsten poetischen Leistungen zuwandte, um ihnen fast sein halbes Leben zu widmen, war von rein künstlerischer Beschaffenheit. Er wollte über die Grundgesetze und die aus ihnen fließenden Grundmittel der Dichtkunst allgemeine, d. h. wissenschaftliche Klarheit gewinnen und hoffte dies dadurch zu erreichen, daß er die Gesetze studierte, welche der Schwesterkunst, der Malerei, ihre technischen Regeln gaben. Hierbei stellte sich heraus, daß zwar für die anderen Teile der Malerei solche Gesetze bekannt waren, für deren wichtigsten Teil, die Lehre von den Farben, aber keinerlei Ordnung und Gesetz auffindbar erschien.

Es entsprach dem berechtigten Hochgefühl seiner schöpferischen Kraft, daß er alsbald unternahm, die fehlenden Gesetze selbst ausfindig zu machen und aufzustellen. Dabei wurde, wie das ja immer wieder geschieht, aus einem Mittel ein Zweck, der ihn durch ein halbes Leben in Anspruch nahm. Aber obwohl er mit der Sicherheit des Genius alsbald den geraden Weg zu seinem Ziele einschlug, indem er nämlich die Aufgabe

wissenschaftlich von ihren ersten Elementen, der Lehre vom Licht ab in Angriff nahm, blieb es ihm doch versagt, sein Ziel zu erreichen. Er setzte sich nicht nur in unlösbaren Widerspruch mit den Vertretern der Wissenschaft seiner Zeit, sondern auch mit dem, was die Wissenschaft seitdem zutage gefördert hat, und wendete sich schließlich enttäuscht und mißmutig von der unabgeschlossenen Arbeit ab.

Es hat der Arbeit zahlreicher hervorragender Forscher über mehr als ein Jahrhundert bedurft, um den Stein zu heben, den der Geistesriese Goethe nicht hatte bewegen können. Immer wieder wurde vergeblich der Hebel angesetzt, bis zuletzt die Gesamtheit der Arbeiten groß genug dazu geworden war. Jetzt endlich sind wir soweit. Jetzt ist der Weg gebrochen und gebahnt, dessen Richtung Goethe uns zwar gewiesen hat, den er selbst aber noch nicht betreten konnte. Von den ersten Anfängen bis zum letzten Zielpunkt der „sinnlich-sittlichen Wirkung der Farben" liegt nun die Farbenlehre übersichtlich und zusammenhängend vor unseren Augen.

Nicht daß nunmehr alles erledigt und fertig wäre. Das ist ein Zustand, der auch bei der ältesten und entwickeltsten Wissenschaft nicht erreicht wird, also bei einer eben erst gereiften auch nicht annähernd vorhanden sein kann. Aber die drängenden Haupt- und Grundfragen sind soweit beantwortet, daß man überall die Zusammenhänge der Tatsachen und Aufgaben erkennen kann. Und auch die Arbeitsmittel sind soweit geschaffen und erprobt, daß grundsätzlich überall die Möglichkeit erkennbar ist, die noch ausstehenden Einzel-

fragen zu erledigen. Was da fehlt, sind zurzeit nur die Hände und Köpfe, um diese einzelnen Aufgaben eingehender zu bearbeiten.

Denn es muß berichtet werden, daß die letzte Arbeit, um die Farbenlehre aus dem ungeordneten und unzulänglichen Zustande, in dem sie sich noch vor wenigen Jahren befand, in den gegenwärtigen Zustand einer geordneten Wissenschaft überzuführen, die auf exakt definierten meßbaren Größen beruht, von einem einzigen, dem Verfasser dieses Büchleins, hat geleistet werden müssen.

Kurz vor dem Ausbruche des Weltkrieges, im Sommer 1914, wurde die Arbeit begonnen, zunächst nur zu dem Zwecke, die wissenschaftlichen Grundlagen für einen Farbenatlas klarzustellen. Es erwies sich (gegen die allgemeine Voraussetzung), daß die damals von allen angenommenen Grundsätze der Farbenlehre für diesen Zweck nicht ausreichend, ja in wichtigen Punkten überhaupt nicht brauchbar waren. Unter dem Dröhnen des bald hernach ausbrechenden Krieges und als friedliche Zuflucht gegen seine niederdrückende seelische Last wurde die Arbeit aufgenommen, die Fundamente der Farbenlehre neu zu legen. Manches von dem vorhandenen Material konnte gebraucht, vieles mußte neu beschafft werden. Mitarbeit war durch den Krieg ausgeschlossen, der alle verfügbaren Kräfte in Anspruch nahm. So stand die ganze Arbeit auf zwei Augen und steht noch heute so, soweit sie nicht durch die inzwischen erfolgten Veröffentlichungen (die gleichfalls durch den

Krieg überall behindert waren) der Allgemeinheit mitgeteilt worden ist.

Diese Augen beginnen zu versagen, und das ist die wichtigste Veranlassung zu dem vorliegenden Werkchen, das bestimmt ist, die Kenntnis der neuen Farbenlehre in möglichst weite Kreise zu tragen.

Erstes Kapitel.

Die Ordnung der Farben.

Allgemeines. Durch die Sinneswerkzeuge allein steht jeder Mensch mit der Außenwelt und seinen Mitmenschen, die einen Teil der Außenwelt bilden, in Verbindung. Nur was er sieht, hört, tastet, riecht und schmeckt, belehrt ihn darüber, was es außerhalb seines Körpers gibt, ja belehrt ihn über die Beschaffenheit seines Körpers selbst. Alles Denken über sich und anderes fließt aus dieser Quelle und alles Wirken kann nur zweckgemäß betätigt werden, wenn der Erfolg durch die Sinne beaufsichtigt wird.

Die Sinne selbst sind für diese allgemeine Vermittelung von verschiedener Wichtigkeit. Für ein Wesen, das nur schmecken kann, beschränkt sich die ganze erfahrbare und erfaßbare Welt auf seine Mundhöhle; was darüber hinausreicht, ist praktisch nicht vorhanden. Ähnlich verhält es sich für ein nur riechendes Wesen. Ein tastendes hat schon eine etwas größere Welt: sie dehnt sich so weit, als seine Tastorgane reichen, also höchstens einige Meter. Die Welt des hörenden Wesens mißt schon nach Kilometern. Aber erst das sehende Wesen reicht den ganzen Umfang der uns bekannten Welt ab. Die nach Lichtjahren gemessenen unvorstell-

baren Sternenweiten sind deren Grenzen nach der einen Seite, die Bruchteile eines Tausendstel Millimeter, die uns das Mikroskop offenbart, sind die Grenzen nach der anderen.

Nicht nur den Umfange, auch dem Inhalte nach gibt uns der Gesichtssinn viel mehr, als jeder andere Sinn. In noch viel höherem Maße, als etwa die Welt der Töne an Mannigfaltigkeit die der Tastempfindungen übertrifft, ist die Welt der Farben und Formen der der Töne überlegen. Der Gesichtssinn steht also an Wichtigkeit weit über allen anderen Sinnen. Wie wir alsbald sehen werden, sind die Farben die Grundlagen oder Elemente alles Sehens. Daher übertrifft die Farbenlehre an Bedeutung ihres Gegenstandes alle verwandten Wissenschaften, die sich auf die Betätigung der anderen Sinne beziehen.

Dieser gegenständlichen Bedeutung entspricht allerdings nicht die Entwicklungshöhe der Farbenlehre. Während wir beispielsweise bezüglich der Töne eine hochentwickelte Wissenschaft und eine auf ihr beruhende, vielleicht noch höherstehende Tonkunst haben, deren Feinheit, Größe und Mannigfaltigkeit alle anderen Künste weit hinter sich läßt, ist nicht nur die Wissenschaft von der Farbe sehr unvollkommen geblieben, sondern auch die entsprechende Kunst, die Farbkunst, darf den Vergleich mit der Tonkunst nicht wagen. Wenn wir uns in der Musik die Aufgabe stellen würden, die natürlichen Tonerscheinungen, wie Vogelgesang, Donnergrollen, Meeresrauschen usw. möglichst getreu und überzeugend nachzuahmen, wobei Melodie und Harmonie mehr zufällig zutage treten würden, so würde das dem

gegenwärtigen Zustande der Malerei entsprechen. Von einer bewußten, auf naturgesetzlich begründeten Regeln beruhenden Kunst, wie die Musik, ist bei den Farben noch nicht die Rede, und die von einzelnen Begabten gefundenen Farbharmonien gleichen viel mehr den zufälligen Melodien, die ein spielendes Kind seiner Weidenflöte entlockt, als etwa einer Sinfonie von Beethoven.

Die Ursache dieser auffallenden Rückständigkeit liegt in der viel größeren Verwickelung der Welt der Farben im Vergleich zu der der Töne. Die Mannigfaltigkeiten der Melodie und Harmonie in der Musik beruhen grundsätzlich auf der einfaltigen Reihe der Tonhöhen; die Schwingungszahl des Tones bestimmt erschöpfend seine harmonische Bedeutung. Bei den Farben ist es nicht so. Hier liegt eine dreifache Mannigfaltigkeit vor; es müssen also drei verschiedene, voneinander unabhängige Größen bestimmt werden, um eine Farbe eindeutig zu kennzeichnen. Daher hat es denn bis in unsere Tage gedauert, daß Zahl und Maß im Gebiete der Farben überhaupt erst zur Geltung gebracht werden konnten. Diese aber bilden erst die Grundlage einer wirklichen und bewußten Farbkunst, deren Schaffung somit ganz der Gegenwart und Zukunft angehört. Die ersten Versuche nach solcher Richtung sind soeben gemacht worden, und das Ergebnis läßt erkennen, daß der richtige Weg in unbegrenzte Weiten nunmehr wirklich offen steht und nur betreten zu werden braucht.

Farben und Formen. Von der Schule her gilt heute noch allgemein die Ansicht, als seien die Formen das Grundlegende in unserer Sehwelt und die Farben

nur etwas Dazukommendes, gleichsam ein Schmuck, der auch entbehrt werden könnte.

Untersuchen wir die wirklichen Verhältnisse, so stellt sich das Gegenteil heraus. Sehen wir von allen Erinnerungsbeziehungen ab, durch welche wir den Inhalt unseres Gesichtsfeldes deuten, und beschränken wir uns (was nicht ganz leicht ist) auf die unmittelbare Auffassung des Gesehenen, so überzeugen wir uns, daß dieses wie eine Flickendecke aus lauter farbigen Flecken besteht. Diese gehen zum Teil stetig ineinander über, zum Teil begrenzen sie sich scharf. Erst aus dieser gegenseitigen Begrenzung der Farbflecken entstehen die Formen, welche wir sehen. Da aber erfahrungsmäßig die Formen in unserer Außenwelt eine viel dauerhaftere Beschaffenheit aufweisen, als die Farben, so haben wir uns bei der Deutung unserer Seherlebnisse daran gewöhnt, in erster Linie die Formen zu beachten.

Dazu kommt entwicklungsgeschichtlich der Umstand, daß die einfacheren, älteren Arten des Auges in der Tierwelt tatsächlich noch nicht auf die Erfassung der bunten Farben eingestellt waren und sind. Für ein derartiges Auge sieht die Welt ähnlich einem Photogramm oder Holzschnitt aus; das Gesichtsfeld ist mit dunkleren oder helleren Flecken erfüllt, die keinen weiteren Unterschied aufweisen. Solche Bilder führen leichter und stärker auf die vorwiegende Auffassung der Form hin, als bunte. Auch beim Menschen besteht normal ein solcher Zustand in den äußeren Gebieten der lichtempfindenden Netzhaut, sowie bei einzelnen Personen (den Totalfarbenblinden) als Rückstand überwundener Entwicklungsstufen im ganzen Gesichtsfelde.

Für das normale Auge besteht aber neben Hell und Dunkel noch die ganze Mannigfaltigkeit der bunten Farben, welche das Gesichtsfeld zusammensetzen. Für dieses sind die Farben die Elemente des Gesehenen, und ihre Ordnung bildet daher die Grundlage für die gesamte Wissenschaft vom Sehen. Die Bedeutung der Farbenlehre ist demnach sehr hoch anzuschlagen.

Die Farbe als Empfindung. Läßt man sich die letzten Betrachtungen nochmals durch den Sinn gehen, so wird man gewahr, daß dabei durchweg nur von Empfindungen die Rede war. Weder die physikalische Ursache dieser Empfindungen, das Licht, kam dabei unmittelbar in Betracht, noch das chemische Material, die Farbstoffe, durch welche man meist die Farbempfindungen bewirkt. Selbst das Sinnesorgan, in welchem die Empfindung entsteht, das Auge mit den zugehörigen Nerven und Gehirngebieten oder die physiologischen Bedingungen dazu konnte zunächst im Hintergrunde bleiben. Natürlich werden in einer vollständigen Farbenlehre auch diese Dinge zu behandeln sein; für die Erörterung der Grundfragen ist es aber nicht notwendig.

Es entsteht hieraus die Frage, welcher Wissenschaft denn die Farbenlehre überhaupt zuzurechnen ist. Bisher wurde sie meist in der Physik behandelt, und die wenigen Lehrbücher dieses Faches pflegen daher mit der Beschreibung zu beginnen, wie durch ein Prisma das weiße Sonnenlicht in die Farben des Regenbogens oder des Sonnenspektrums zerlegt wird. Aber man findet bald, daß die Physik keineswegs imstande ist, die hier auftretenden Fragen zu beantworten. Um sich eine

eindringliche und unvergeßliche Überzeugung hiervon zu verschaffen, stelle man folgenden einfachen Versuch an.

In ein Blatt von steifem, weißem, undurchsichtigem Papier (starkes Zeichenpapier oder Karton) von etwa 12×16 cm schneidet oder stanzt man ein Loch von rund 2 cm Durchmesser mit möglichst scharfen, sauberen Rändern. Auf die Platte eines Tisches, der am Fenster steht, legt man ein kleineres Blatt desselben Papiers und hält nun das erste etwa 20 cm darüber wagerecht so, daß das untere Papier zwar ganz verdeckt, aber durchaus nicht beschattet ist, und nur in der Öffnung des Loches sichtbar bleibt. Die Öffnung erscheint dann etwa ebenso weiß, wie das obere Papier. Nun wendet man dieses so, daß der nach dem Fenster liegende Rand gesenkt wird und mehr Licht darauf fällt. Die Folge davon ist, daß die Farbe in der Öffnung sich auffallend verdunkelt und unter geeigneten Verhältnissen dunkelgrau, fast schwarz erscheint. Wendet man das obere Papier im umgekehrten Sinne, so hellt sich die Öffnung wieder auf und erscheint zuletzt leuchtend weiß, viel heller als sonst auch das weißeste Papier aussieht.

Alle diese Änderungen seiner Farbe betätigt nun das durch die Öffnung sichtbare untere Papier, ohne daß seine Beschaffenheit oder seine Beleuchtung die mindeste Änderung erleidet. Wie man auch das obere Papier halten mag, auf das untere fällt stets dieselbe Lichtmenge vom Fenster her, und es sendet daher auch stets dieselbe Lichtmenge durch die Öffnung. Dieses stets gleiche Licht sieht aber bald leuchtend weiß, bald dunkelgrau aus, je nach der Stellung des oberen Papiers.

Noch auffallender wird der Versuch, wenn man auf den Tisch statt eines weißen Papiers ein buntes legt. Namentlich wenn es schwefelgelb gefärbt ist, erstaunt man über die olivgrünen Farben, die in der Öffnung erscheinen, wenn das obere Papier stärker beleuchtet ist, und über das hellgelbe Leuchten im umgekehrten Falle.

Dies beweist, daß eine Farbe nicht, wie man zu meinen pflegt, durch die Natur und Stärke des Lichts restlos bestimmt wird, denn diese bleiben ja beim Versuch unverändert. Vielmehr wirken noch andere Ursachen maßgebend mit. Und diese Ursachen sind innerer oder seelischer Art. Dadurch, daß man die Farbe, welche in der Öffnung des oberen Papiers erscheint, als in der Ebene dieses Papiers liegend und der Öffnung zugehörend auffaßt, wird sie so empfunden, als wäre dort eine entsprechend gefärbte Fläche vorhanden. Ist das obere Papier heller beleuchtet als das untere, so müßte dort ein graues bzw. olivgrünes Papier liegen, damit die geringere Lichtmenge zurückgeworfen wird. Ist es dunkler, so müßte in der Öffnung eine leuchtende Fläche liegen, damit die größere Lichtmenge zustande kommt. Entsprechend diesen verschiedenen Auffassungen sieht man die Öffnung verschieden, obwohl immer die gleiche Lichtmenge von ihr ausgeht.

Die vielen anderen Fragen, welche sich an diesen Versuch knüpfen, werden später erörtert werden. Hier genügt der Nachweis der Tatsache, daß seelische oder psychische Faktoren die Farbe entscheidend mitbestimmen. Denn es folgt aus ihr, daß die Farbenlehre nicht zur Physik gehört, sondern zu einer anderen Wissenschaft. Die Farbe ist weder ein Licht noch ein Stoff; sie ist

vielmehr eine Empfindung. Damit diese Empfindung zustande kommt, sind meist Lichter und Stoffe erforderlich. Daß sie aber nicht notwendig sind, ergibt sich, wenn man die Augen schließt und auf einen Augapfel einen Druck ausübt. Dann erscheinen bald im Gesichtsfelde allerlei bunte, bewegliche Farben. Und selbst diese physiologische Einwirkung ist nicht unbedingt nötig. Viele Menschen können sich eine so lebhafte Vorstellung von Farben machen, daß sie die Empfindung haben, als sähen sie welche. Goethe erzählt derartiges von sich selbst.

Die Farbenlehre ist somit eine psychologische Wissenschaft.

Einteilung der Farbenlehre. Aus der Zugehörigkeit der Farbenlehre zur Psychologie folgt unmittelbar ihre Einteilung zufolge des Umstandes, daß gemäß der Pyramide der Wissenschaften alle früheren oder allgemeineren Gebiete als Hilfswissenschaften auftreten und entsprechende Untergruppen bilden.[1] Demgemäß gibt es eine mathetische, eine physikalische, eine chemische und eine physiologische Farbenlehre als Hilfsfächer und zuletzt eine psychologische Farbenlehre als Hauptfach.

Für eine methodisch-wissenschaftliche Darstellung der gesamten Farbenlehre ist diese Einteilung und die entsprechende Trennung der Einzelfächer das gegebene Hilfsmittel. Daher wird sie auch in meinem Hauptwerk[2] durchgeführt. Zum Zweck der ersten Einführung, dem das vorliegende Büchlein gewidmet ist, stehen aber

1 Ostwald, Grundriß d. Naturphilosophie S. 63 f.

2 Die Farbenlehre in 5 Bänden (Verlag Unesma, Leipzig).

unterrichtliche Erwägungen über den methodischen. Die Form dieser Schrift entspricht daher dem fünften oder Hauptteil, der psychologischen Farbenlehre, und es wird von jenen Teilwissenschaften jeweils so viel zur Sprache gebracht, als für den Zweck erforderlich erscheint. Aufgabe des Autors ist es dabei, Zusammenhang und Übersicht trotz der gelegentlich notwendigen Seitenwege zu wahren. Dies wird erleichtert, wenn wir uns zunächst eine Übersicht über den Inhalt der einzelnen Teilgebiete verschaffen.

Die mathetische Farbenlehre. Es wurde schon erwähnt, daß die Gesamtheit der Farben eine viel verwickeltere Mannigfaltigkeit (nämlich eine dreifaltige) darstellt, als die der Töne (welche einfaltig ist). Dazu kommt, daß die Ordnungsgesetze für die drei Teilgruppen, aus denen sich die dreifaltige Gruppe der Farben zusammensetzt, nicht gleich, sondern verschieden sind. Die Untersuchung und Klarlegung dieser Verhältnisse ist eine Hauptaufgabe der mathetischen Farbenlehre.

Hieran schließt sich die nicht minder wichtige Frage nach der Möglichkeit einer exakten Messung der Farbe, sowie nach der Bedeutung und Ordnung der dabei gefundenen Zahlenwerte. Während die erste Gruppe von Aufgaben noch der qualitativen Farbenlehre angehört, bilden diese die Grundlage für deren nächst höhere Entwicklungsstufe, die quantitative Farbenlehre.

Gleichfalls dieser höheren Stufe angehörig sind die allgemeinen Gesetze über die Mischung der Farben. Eine Anzahl anderer, minder wichtiger Aufgaben schließt sich hier an. Das Ganze bildet die unentbehrliche Grundlage für das wissenschaftliche Verständnis aller einzelnen Probleme der Farbenlehre.

Die physikalische Farbenlehre. Die gewöhnliche oder normale Farbenempfindung wird durch eine bestimmte Energie, das Licht, hervorgerufen. Die physikalische Farbenlehre behandelt die Eigenschaften und die Messung des Lichts, seine Zusammensetzung nach Wellenlängen, den Zusammenhang der Wellenlängen mit den Farben und eine Anzahl ähnlicher Aufgaben. Ferner gehört der Physik die Theorie der verschiedenen Beobachtungs- und Meßinstrumente an, von denen die Farbforschung Gebrauch macht.

Eine bequeme Einführung in die physikalische Farbenlehre gewährt Band 5 der Sammlung Bücher der Naturwissenschaft: Licht und Farbe von Rob. Geigel. (Univ.-Bibl. Nr. 5188-90.)

Die chemische Farbenlehre. Den Hauptgegenstand dieses Teils bildet der Zusammenhang zwischen den Farben der Stoffe und ihrer chemischen Zusammensetzung und Konstitution. Alle Farbstoffe, von denen die Kunst und das Gewerbe Gebrauch machen, sind Stoffe im Sinne der Chemie und unterliegen deren Gesetzen.

Neben der Chemie der Farbstoffe im eigentlichen Sinne kommt diese Wissenschaft noch für die Bindemittel, Beizen usw. zur Anwendung, welche zur Befestigung der Farbstoffe dienen. Nicht weniger gibt die Chemie Auskunft über farbiges Glas, Email, Glasur, bunte Flammen und viele andere Fälle, wo Stoff und Farbe irgendwie verbunden erscheinen oder in Beziehung treten.

Physiologische Farbenlehre. Wenn das Licht in das Auge getreten ist, bewirkt es eine ganze Reihe von Vorgängen, die ablaufen müssen, bevor die Emp-

findung der Farbe zustande kommt. Es wird zunächst von der Linse und den anderen optischen Teilen des Auges zu einem Bilde auf dem Augenhintergrunde gesammelt, wo seine Energie gewisse Vorgänge in dem ausgebreiteten Ende des Sehnervs, der Netzhaut hervorruft. Diese pflanzen sich durch den Sehnerv in das Gehirn fort und bewirken dort die Entstehung der zugehörigen Empfindung, der Farbe. Die sehr verwickelten Fragen über die vielfach noch unaufgeklärten Einzelheiten dieser Vorgänge, durch welche aus der Mannigfaltigkeit des Lichtes die anders geartete Mannigfaltigkeit der empfundenen Farben entsteht, bilden den Inhalt der physiologischen Farbenlehre.

Hierzu kommt die Lehre von den regelmäßigen und unregelmäßigen Farbempfindungen. Nicht alle Menschen unterscheiden die verschiedenen Lichter in gleicher Weise als Farben, und diese Anomalien können dazu dienen, über die Vorgänge des normalen Sehens Aufklärung zu beschaffen. Ebenso werden die Farbempfindungen durch physiologische Einflüsse, gewisse Gifte u. dgl. beeinflußt. So stellt die physiologische Farbenlehre eine sehr mannigfaltige, in lebhafter Entwicklung befindliche Wissenschaft dar, die einerseits von den Physiologen, andererseits von den Augenärzten gepflegt wird und in einzelnen Gebieten zu beachtenswerten allgemeinen Ergebnissen gelangt ist.

Die psychologische Farbenlehre. Das letzte, im Bewußtsein auftretende Ergebnis all dieser mannigfaltigen Faktoren, die Farbe als Empfindung, bildet endlich den Inhalt der Farbenlehre im engeren Sinne. Hier sind demnach alle die Besonderheiten und

Beziehungen zu behandeln, welche der Farbe in solchem Sinne zu eigen sind. Dabei werden alle die Verhältnisse wieder aufgenommen, die in den früheren Teilen vom Standpunkt der allgemeinen Voraussetzungen erörtert worden sind und im Zusammenhange mit dem empfindungsmäßigen Endergebnis erneut behandelt. Dazu kommt eine Anzahl rein psychologischer Beziehungen, teils zur allgemeinen Psychologie, teils zu anderen Einzelgebieten dieser Wissenschaft.

Namen. Bevor wir diese allgemeinen Betrachtungen verlassen, haben wir uns noch über die Bezeichnungen zu einigen, die wir den verschiedenen Gegenständen der Farbenlehre zukommen lassen wollen. Denn die üblichen Namen sind alle zu einer Zeit entstanden, wo von einer klaren Begriffsbildung in diesem Gebiete nicht die Rede sein konnte; sie geben daher einen sehr ungeordneten Zustand des Wissens wieder. Da wir aber genötigt sind, uns der Worte zur Verständigung zu bedienen, bleibt nichts übrig, als den bisherigen unbestimmten Gebrauch einzuschränken, auszudehnen, abzuändern, aufzuheben, bis ein ausreichendes Abbild jener Ordnung entstanden ist, deren sich die Farbenlehre zur Zeit sachlich erfreut.

Da gilt es zunächst Ordnung mit dem Wort Farbe zu machen. Man nennt Zinnober eine Farbe, nennt Rot eine Farbe, spricht von Interferenzfarben. Dies ist ein Stoff, eine Empfindung, ein physikalischer Vorgang, die alle den gleichen Namen tragen sollen. Das geht offenbar nicht an.

Zunächst ist die Zuordnung des Wortes Farbe zu erledigen. Da die Farbenlehre als psychologische Wissen-

schaft erkannt ist und ihr Name am wenigsten eine Änderung ertragen könnte, so ist das Wort Farbe für das letzte Ergebnis aller Umstände, die zu diesem Begriff führen, also für die Empfindung vorzubehalten. Wir dürfen also künftig weder den Zinnober eine Farbe nennen, noch dürfen wir von Interferenzfarben im unmittelbaren Sinne sprechen. Farbe ist also alles, was wir als Elemente des Sehens, als Bestandteile des betätigten Gesichtsfeldes nach der S. 14 f. gegebenen Beschreibung vorfinden.

Die Stoffe, welche durch besondere Zurückwerfung des Lichts Farben in unserem Sinne, d. h. Empfindungen bewirken, heißen Farbstoffe oder Pigmente. Man unterscheidet ferner die malfertig gemachten Farbstoffe von den rohen. Auch jene nannte man Farbe, wie Ölfarbe, Wasserfarbe, Temperafarbe usw., was für uns nicht mehr zulässig ist. Für solche Stoffe benutzen wir künftig das Wort Tünche, wobei wir uns nicht scheuen, es auch dort anzuwenden, wo es bisher noch nicht gebräuchlich war. An Öltünche, Leimtünche, auch Pastelltünche werden wir uns leicht gewöhnen.

Schwieriger ist die sprachliche Unterscheidung jener physikalischen Voraussetzungen, welche zur Empfindung der Farbe führen, und welche wir durchgehend gleichfalls Farben nennen. In einigen Fällen spricht man hier bereits von Lichtern, und man muß es als wünschenswert bezeichnen, diesen Gebrauch auf alle genannten Fälle auszudehnen. Allerdings ist das Wort Licht ursprünglich ähnlich wie das Wort Farbe mehr der Empfindung zugeordnet, als ihrer unmittelbaren Ursache. Aber in unserem ganzen Denken sind diese

beiden Gebiete noch so wenig getrennt — gibt es doch bedeutende Philosophen, welche der Trennung überhaupt die Berechtigung absprechen —, daß ein Austausch der Namen zwischen beiden auf keine inneren Hemmungen stößt. Es ist deshalb wünschenswert, statt Beugungsfarben, Polarisationsfarben usw., Beugungslichter, Polarisationslichter zu sagen. Da aber die Fälle hier viel seltener eintreten, wo die begriffliche Sauberkeit die Festhaltung der Wortverschiedenheit unbedingt fordert, so darf nicht geleugnet werden, daß diese Neuerung weniger leicht sich durchsetzen wird, als die auf die Farbstoffe bezügliche.

Zweites Kapitel.

Die Physik der Farben.

Das Licht. Wie jedes andere Sinneswerkzeug bedarf auch das Auge einer von außen betätigten Arbeit oder Energie (im physikalischen Sinne), damit es eine Farbe empfindet. Durch die Eigenschaften dieser Energie wird der Rahmen bestimmt, innerhalb dessen sich die Farberscheinungen und Farbempfindungen abspielen können. Das Sinnesorgan mit Einschluß der mitwirkenden Gehirnanteile kann die Beschaffenheit der ursprünglichen Einwirkung mannigfaltig umgestalten, aber nur in dem Sinne, daß die Ergebnisse der Betätigung, die Empfindungen einfacher, nicht verwickelter werden, als die ursprüngliche Einwirkung oder der „Reiz".

Als Reiz für die Empfindung der Farbe wirkt die strahlende Energie oder das Licht. Wir brauchen uns

hier nicht in die Theorien über die Natur des Lichts zu vertiefen, da diese keinen besonderen Einfluß auf die Farbenlehre haben. So sei nur kurz erinnert, daß nach der gegenwärtig gültigen Lehre das Licht aus elektromagnetischen Schwingungen besteht. Unabhängig von allen Theorien steht fest, daß das Licht sich mit sehr großer Geschwindigkeit (30 Millionen Kilometer in der Sekunde) durch den Raum bewegt, wobei es geradlinig (in Lichtstrahlen) fortschreitet. Dabei erweist es sich als ein wellenartiger oder Schwingungsvorgang, dessen Wellen quer zur Richtung der Strahlen liegen. Die Abstände dieser Wellen längs des Strahls sind sehr klein, durchschnittlich $^1/_{2000}$ Millimeter. Es gibt verschiedene Lichtarten, die durch die Länge ihrer Wellen gekennzeichnet sind; die längsten sind etwa 700, die kürzesten etwa 400 Millionstel Millimeter lang.

Spiegelung, Brechung und Schluckung. Wenn ein Lichtstrahl aus einem Mittel, in dem er sich bewegt, in ein anderes fällt, z. B. aus Luft in Glas, so erleidet er eine mehrfache Änderung. Ein Teil des auffallenden Lichtes wird zurückgeworfen, der Rest dringt unter Knickung des Strahls (Brechung) in das zweite Mittel ein. Je nach der Natur dieses zweiten Mittels geht das eingedrungene Licht wieder geradlinig weiter, bis ein neues Mittel kommt, oder es wird teilweise vernichtet, d. h. in Wärme verwandelt. Das erste tritt z. B. ein, wenn das zweite Mittel Wasser ist, das zweite bei Tinte. Solche Mittel, wie Tinte, welche das Licht vernichten, nennt man schluckende (absorbierende).

Die Zurückwerfung des Lichts erfolgt regelmäßig, wenn die Oberfläche des zweiten Mittels ganz eben

(poliert) ist. Alsdann verlaufen die Strahlen, als kämen sie von einem Gegenstande, der ebenso weit hinter dieser Fläche liegt, als er tatsächlich vor ihr liegt. Man nennt diesen Vorgang Spiegelung. Für uns sind viel wichtiger die Zurückwerfungen von solchen Flächen, die aus zahlreichen kleinsten Stücken bestehen, welche unregelmäßig nach allen Seiten gerichtet sind. Dann wird auch das auffallende Licht nach allen Seiten zerstreut, und solche Flächen verhalten sich daher, als leuchteten sie, d. h. als ginge von ihnen selbsttätig Licht aus. Bei weitem die meisten Gegenstände beeinflussen das Licht in dieser Weise und unser Sehen der Dinge, die uns umgeben, beruht auf dieser Zurückwerfung des Lichts unter gleichzeitiger Zerstreuung.

Flächen, welche das Licht vollständig zerstreuen, nennen wir matt; solche, die es einigermaßen regelmäßig spiegeln, glänzend. Die meisten Flächen zeigen eine gemischte Wirkung: ein Teil des Lichts wird zerstreut, ein anderer gespiegelt.

Weiß, grau, schwarz. Eine Fläche, welche alles darauf fallende Licht zerstreut und zurückwirft, heißt absolut oder ideal weiß. Was wir weiß nennen, entspricht im allgemeinen nicht dem Ideal; es wird meist ein meßbarer Teil des Lichts verschluckt und nur der Rest zurückgeworfen. Es können ziemlich beträchtliche Mengen Licht verschluckt werden, bevor wir aufhören, die Fläche weiß zu nennen. So verschluckt weißestes Papier 15 v. H. des Lichts, und es können 25 v. H. fehlen, bevor wir aufhören, die Fläche weiß zu nennen.

Werden größere Lichtmengen verschluckt, so nennt man die Fläche grau, und zwar um so dunkler grau,

je kleiner der zurückgeworfene Anteil wird. Geht dieser schließlich unter 10 v. H. herunter, so heißt die Fläche schwarz; die gewöhnlichen schwarzen Flächen schicken nur 4 bis 2 v. H. des auffallenden Lichts zurück.

Das Rückwerfungsgesetz. Hierbei herrscht ein wichtiges Gesetz, welches bei der Beschreibung der Verhältnisse bereits vorausgesetzt war. Von dem auffallenden Licht wird nämlich seitens einer bestimmten Fläche stets genau derselbe Bruchteil verschluckt oder zurückgeworfen, wie groß oder klein auch die Lichtmenge war. Wirft eine Fläche z. B. $^1/_4$ des auffallenden Lichts zurück, so beträgt dessen Menge 25, wenn 100 Teile Licht auffielen, und sie beträgt 1, wenn 4 Teile auffielen. Deshalb beurteilen wir auch die Beschaffenheit der Körperflächen bezüglich ihres Verhaltens zum Licht nicht nach den absoluten Lichtmengen, die von ihnen ausgehen, sondern nach dem Verhältnis dieser Lichtmengen zu dem auffallenden Licht oder der „Beleuchtung".

Beschaffenheit weißer Flächen. Ein gleichartiger Körper läßt das Licht, soweit er es nicht verschluckt, geradlinig und ungestört durchgehen und spiegelt nur an seiner Oberfläche einen Anteil, der (außer bei Metallen) nicht groß ist; er erscheint durchsichtig, wie Wasser, Luft, Glas, Kristalle und Flüssigkeiten aller Art. Damit er weiß aussieht, muß seine Oberfläche aus zahllosen kleinsten durchsichtigen Stückchen, Körnern oder Fasern bestehen. Durch diese wird das Licht erst nach allen Seiten gebrochen, gespiegelt und somit zerstreut. So wird das durchsichtige Wasser weiß und undurchsichtig, wenn es durch Vermischung mit Luft in Schaum verwandelt wird. Ein durchsichtiger

Kristall von Kalkspat oder Gips wird kreideartig weiß, wenn man ihn in der Reibschale fein reibt, weil in dem entstandenen Pulver der feste Stoff und die Luft beständig abwechseln. Weiße Leinwand und weißes Papier erweisen sich unter dem Mikroskop als aus lauter durchsichtigen Fasern bestehend, zwischen denen sich Luft befindet usw. usw.

Sind nun diese kleinen Teilchen von der Beschaffenheit, daß sie das Licht nur brechen und spiegeln, so sieht die Oberfläche weiß aus. Wird aber ein Teil des Lichts in diesen Teilchen verschluckt, so entsteht Grau, und wird der größte Teil verschluckt, Schwarz. Es handelt sich dabei jedesmal um ein mehr oder weniger tiefes Eindringen des Lichts in diese Teilchen. Dies ist ein sehr wichtiger Gesichtspunkt, der auch für die Erklärung der bunten Körperfarben wesentlich in Betracht kommt.

Die bunten Farben. Bisher ist das Licht so behandelt worden, als sei es völlig gleichartig und als verhielten sich alle seine Anteile stets übereinstimmend. Dies gilt aber nur für die Spiegelung (und auch dort nicht ohne Ausnahmen); bei der Brechung und der Schluckung zeigt dagegen das gewöhnliche Licht, ob es von der Sonne oder einer elektrischen Lampe oder sonst einer Lichtquelle stammt, Verschiedenheiten, aus denen hervorgeht, daß es verschiedene Arten Licht mit verschiedenen Eigenschaften gibt.

In einer sehr anschaulichen Weise zeigen sich die Verschiedenheiten bereits bei der Brechung. Läßt man in ein dunkles Zimmer einen Lichtstrahl (z. B. vom Sonnenlicht) durch eine kleine Öffnung fallen und hält

man in den Weg des Strahls ein von zwei geneigten Ebenen begrenztes Stück Glas, ein Prisma, so wird der Strahl, der in das Prisma fällt, abgelenkt oder gebrochen. Und zwar zweimal; zuerst wenn er in das Prisma tritt, und sodann nochmals und in gleichem Sinne, wenn er wieder herausfährt. Fig. 1 zeigt diesen Weg des Lichts; statt nach a gelangt der Strahl nach b. Die Theorie der Lichtbewegung zeigt, daß diese Ablenkung daher rührt, daß der Strahl im Glase des

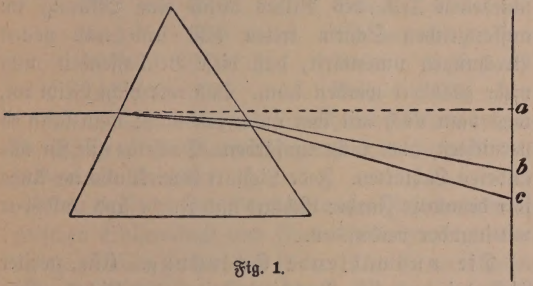


Fig. 1.

Prismas langsamer läuft, als in der Luft; je mehr er verzögert wird, um so weiter wird er abgelenkt.

Nun zeigt sich aber außer der Ablenkung noch eine zweite Erscheinung. Statt des einfachen weißen Bildes bei a ist das Bild bei b bunt und in die Länge gezogen. Es ist rot bei b, weiterhin kommen die Farben Kreß,[1] Gelb, Laubgrün, Seegrün, Eisblau, Ublau,[2] Veil.[3]

Nach dem eben Gesagten ist die Ursache dieser Erscheinung begreiflich. Das weiße Licht ist nicht gleich-

1 Kreß = Orange. 2 Ublau = Ultramarinblau. 3 Veil = Violett

artig, und seine verschiedenen Anteile gehen verschieden schnell durch das Glas und werden deshalb verschieden stark abgelenkt. Die am wenigsten verzögerten Teile gelangen nach b, die am stärksten verzögerten nach c; dazwischen liegen die, welche mittlere Verzögerungen erfahren haben.

Die für uns wichtigste Eigenschaft dieser verschiedenen Lichtarten ist die Verschiedenheit ihrer Farbe. Man kann sich leicht überzeugen, wenn man die verschiedenen Teile des Bildes durch eine Öffnung im auffangenden Schirm treten läßt und nun neuen Brechungen unterwirft, daß diese Beschaffenheit nicht mehr geändert werden kann. Das rote Licht bleibt rot, was man auch mit ihm anfangen mag; man kann es vernichten, aber nicht umfärben. Dasselbe gilt für alle anderen Lichtarten. Jede Lichtart bewirkt also im Auge ihre besondere Farbe; Lichtart und Farbe sind unlösbar miteinander verbunden.

Die auswählende Schluckung. Ein zweiter Fall, bei dem sich Verschiedenheiten des Lichts offenbaren, liegt bei der Schluckung vor. Der oben (S. 24) erwähnte Fall, daß eine Fläche durch teilweise Schluckung grau wird, tritt verhältnismäßig selten ein. Bei weitem am häufigsten erfolgt die Schluckung derart, daß gewisse Lichtarten wenig, andere dagegen stark verschluckt werden. Dann bleiben die erstgenannten Lichtarten übrig und die Fläche erscheint entsprechend bunt. Auch hier zeigt sich, daß, wenn eine Lichtart von den anderen abgetrennt ist, also rein rot, grün, blau aussieht, sie weiter nicht verändert werden kann, sondern ihre Farbe beibehält.

Farbe und Wellenlänge. Als letztes Element für die Kennzeichnung der verschiedenen Lichtarten, von dem die Unterschiede der Brechung, Schluckung und Farbe nur die Folgen sind, hat sich die Länge der Lichtwellen (S. 23) herausgestellt. Licht von gleicher Wellenlänge zeigt gleiche Farbe, gleiche Brechung, gleiche Schluckung. Und zwar kommen den verschiedenen Lichtarten je nach der Farbe etwa folgende Wellenlängen in Millionstel Millimetern zu

Rot	660	Seegrün	490
Kreß	600	Eisblau	480
Gelb	570	Ublau	440
Laubgrün	530	Veil	420

Die Zahlen haben nur annähernde Bedeutung, da die Farben nicht scharf abgegrenzt sind, sondern stetig ineinander übergehen.

Körperfarben. Bei dem engen Zusammenhange zwischen Wellenlänge und Farbe sollte man glauben, daß die bunten Farben der Körper, die wir an Blumen, Vögeln, Mineralien, Schmetterlingen usw. beobachten, daher rühren, daß sie nur Licht von bestimmter Wellenlänge zurückschicken, alles andere aber verschlucken. Alsdann würden sie in den Farben erscheinen, welche der erhaltenen Wellenlänge zukommen.

Nun zeigt aber ein eingehenderes Nachdenken, daß diese Annahme nicht richtig sein kann: Ein rein gelber Körper sieht fast ebenso hell aus wie ein weißer; die Messung ergibt, daß er 0,9 der Helligkeit eines weißen Körpers hat. Betrachtet man aber ein Spektrum, d. h. ein Bild wie S. 27 beschrieben, in welchem alle Lichtarten nebeneinander angeordnet sind, so findet man,

daß das gelbe Licht nur einen kleinen Bruchteil (etwa $^1/_{20}$) des gesamten Lichts ausmacht; alles andere Licht ist rot, grün, blau usw. Es ist also nicht möglich, daß das helle Gelb der gelben Flächen nur von dem gelben Anteil des Lichtes herrührt, welches darauf fällt, es muß sich vielmehr auch der größte Teil des andersfarbigen Lichts beteiligen, um die große Gesamthelligkeit zustande zu bringen.

Dies bestätigt sich, wenn man das Licht, das von einer solchen gelben Fläche kommt, in die vorhandenen Lichtarten zerlegt. Hierzu dient ein Prisma, wie auf S. 27, nur daß man es zur Erleichterung der Arbeit noch mit einigen Hilfsteilen (Spalt, Linse) verbindet; ein solches Werkzeug heißt ein Spektroskop. Mit dessen Hilfe kann man im Licht des gelben Körpers Rot, Kreß, Laubgrün und Seegrün neben dem Gelb nachweisen, und zwar in ebenso großen Mengen, wie im Licht, das von einer weißen Fläche kommt; beide Blau und Veil fehlen.

Ähnliches findet man bei allen anderen Körperfarben. Immer bestehen sie aus einer ganzen Anzahl verschiedener Lichtarten. Sie bilden einen zusammenhängenden Teil im Spektrum, der die reichliche Hälfte des ganzen Spektrums einzunehmen pflegt.

Wir kommen also zu dem Schluß, daß die Farben der reinen, d. h. nur eine Wellenlänge enthaltenden Lichter und die der Körper von ganz verschiedener Beschaffenheit sind, obwohl sie gleich aussehen. Es tritt die befremdende Tatsache hierbei zutage, daß wir von dem Rot und Grün, das im Licht der gelben Körper vorhanden ist, nichts sehen, und ebensowenig die anderen Farben im Licht der blauen, grünen, veilen Körper.

Das weiße Licht. Diese Sonderbarkeiten erreichen ihren Gipfel, wenn man sich überlegt, daß ja im weißen Licht alle bunten Lichtarten vorhanden sind, und wir auch von ihnen nicht das mindeste sehen. Vergleichen wir die Lichtschwingungen mit den Tonschwingungen, so wäre das weiße Licht vergleichbar dem Tongemisch, das beim gleichzeitigen Anschlagen aller Tasten des Klaviers erklingt. Hier ist der Widerspruch vollkommen. Auf der einen Seite die vollkommen einheitliche, ruhige Empfindung des weißen Lichts, auf der anderen die schlimmste Dissonanz, die man sich denken kann, und die von der Einheitlichkeit so weit wie möglich entfernt ist, denn ein guter Musiker kann immer noch einzelne Töne aus dem Gewirr heraushören.

Der Gegensatz, welcher hier zutage tritt, erschien seinerzeit Goethen so groß, daß er die ganze Lehre von der Zusammensetzung des weißen Lichts aus buntfarbigen Lichtarten für einen baren Unsinn erklärte und einen großen Teil seiner genialen Begabung darauf verwendete, eine andere Lehre durchzusetzen, welche einen solchen Anspruch nicht erhob. Es ist bekannt, daß seine Bemühungen erfolglos blieben. Seine Lehre von der Entstehung der Farben durch trübe Mittel ließ sich schon damals physikalisch nicht durchführen. Inzwischen ist auch die Wirkungsweise der trüben Mittel, die Goethe als ein Urphänomen bezeichnet hatte, das einer Erklärung ebensowenig fähig wie bedürftig sei, mit Hilfe der Wellentheorie des Lichts vollkommen aufgeklärt worden, so daß der von Goethe versuchte Ausweg sich als ungangbar erwiesen hat. Inzwischen harrt aber das von Goethe so tief empfundene Problem, wie das

Gemisch aller verschiedenfarbigen Lichtarten Weiß geben kann, noch der ausreichenden Antwort.

Diese Antwort ergibt sich aus der S. 22 angestellten Betrachtung, daß beim Übergang vom Reiz bis zur bewußten Empfindung die Mannigfaltigkeit nur abnehmen kann und im allgemeinen abnehmen muß. Wir müssen uns zunächst auf das bestimmteste gegenwärtig halten, daß Weiß, Gelb usw. Empfindungen und nicht etwa elektromagnetische Schwingungen sind. Diese Empfindungen könnten günstigstenfalls die gleiche Mannigfaltigkeit aufweisen wie die Schwingungen. Sie brauchen es aber nicht zu tun, und die Erfahrung zeigt uns, daß sie es auch nicht tun. Daraus folgt, daß das Werkzeug, welches im Auge durch das einfallende Licht betätigt wird, keineswegs durch jede Lichtart besonders betätigt wird. Im Ohr ist das bezüglich der verschiedenen Schwingungszahlen der Fall, und deshalb empfinden wir jede Tonhöhe einzeln und können sogar natürliche Tongemische in ihre Einzeltöne zerlegen. Im Auge findet eine solche Einzelwirkung der verschiedenen Lichtarten nicht statt. Vielmehr kann die gleiche Empfindung durch Lichtarten hervorgerufen werden, die (innerhalb gewisser Grenzen) ganz verschieden sind; die Folge ist, daß die Farbe als Empfindung eine viel einfachere Erscheinung ist, als das Licht, welches diese Empfindung hervorruft.

Auf solche Weise können wir nicht nur verstehen, wie die Summe aller Lichter von Rot bis Seegrün ebenso wirkt (gleiche gesamte Lichtstärke vorausgesetzt), wie das gelbe Licht allein, sondern wir können auch begreifen, daß sich der Gesamtwirkung aller Lichtarten,

wie sie durch das Sonnenlicht entsteht und als Hauptreiz auf das Auge einwirkt, eine ganz einheitliche Empfindung zugeordnet hat, die wir Weiß nennen.

Purpur. Ein anderes Rätsel, zu dessen Lösung bisher keine Versuche gemacht sind, liegt in dem Widerspruch zwischen der Ordnung der Farben im Spektrum und der im Farbkreise (Tafel II). Bekanntlich lassen sich alle Farben, die wir erleben, dem Farbton nach zu einem Kreise ordnen, der in sich selbst zurückläuft. Die Farben des Spektrums beginnen dagegen mit Rot und gehen bis Blauveil, haben also einen Anfang und ein Ende. Der Unterschied zwischen beiden liegt in den **Purpurfarben**, welche im Farbkreis vorhanden sind, im Spektrum aber fehlen. Untersucht man diese Farben durch Zerlegung ihrer Lichter, so stellt sich heraus, daß sie wie die anderen Körperfarben etwa die Hälfte des Spektrums enthalten. Nur ist es in diesem Falle nicht ein zusammenhängendes Stück des Spektrums, wie sonst, sondern die Bestandteile der Purpurfarben rühren von **beiden** Enden des Spektrums her, sie sind Rot und Blauveil, die durch ihre wechselnden Anteile den ganzen Umfang dieser Farben bilden.

Somit ordnen sich die Purpurfarben zwar nicht den Farben der **einfachen** Lichter ein, wie sie im Spektrum erscheinen, wohl aber denen der **zusammengesetzten**, jeweils mehr als die Hälfte des Spektrums umfassenden Lichter, die wir in den Körperfarben kennen gelernt haben. Da wir aber in der Natur immer nur die Körperfarben sehen und (mit Ausnahme des Regenbogens) keine Gelegenheit haben, einfache Lichter kennen zu lernen, so wird es verständlich, daß unser Auge sich

der Erscheinung der Körperfarben angepaßt hat und nicht der der einfachen Lichter. Dies ist ein Umstand, dessen Bedeutung für die Farbenlehre bisher bei weitem nicht genug gewürdigt wurde.

Zusammenfassung. Wir können nun vollständig verstehen, wie die Körperfarben zustande kommen. Bunt aussehende Körper haben an ihrer Oberfläche Schichten, welche eine einseitige Schluckung ausüben, aber außerdem noch das nicht verschluckte Licht zurückwerfen. Dies geschieht meist in derselben Weise, wie es für die weißen Körper (S. 25) beschrieben wurde, indem sich in der Oberfläche Körnchen oder Fasern befinden, die durch ihren Wechsel mit der dazwischen befindlichen Luft (bzw. anderer durchsichtiger Stoffe) die Zurückwerfung des Lichtes bewirken, nachdem dieser sie durchsetzt hatte. Hierbei betätigt sich die einseitige Schluckung dieser Massen. Das Ergebnis ist das Fehlen gewisser Lichtarten in dem zurückgeworfenen Licht, welches zu den eben beschriebenen, bunt wirkenden Lichtgemischen führt.

Es läßt sich natürlich über diese Zusammenhänge noch sehr viel mehr sagen, als hier mehr angedeutet als entwickelt wurde. Doch ist die Kenntnis dieser Dinge zwar sehr nützlich, aber nicht unbedingt notwendig zum Verständnis der allgemeinen Farbenlehre. Denn diese ist ja nicht, wie sie bisher vielfach dargestellt wurde, eine physikalische Wissenschaft, sondern eine psychologische. Wer tiefer in die physikalischen Verhältnisse eindringen will, findet Auskunft in dem ausführlicheren Werk des Verfassers. (Vgl. den Anhang.)

Drittes Kapitel.

Bezogene und unbezogene Farben.

Ein scheinbarer Widerspruch. Wir kehren zu dem S. 14 beschriebenen Versuch zurück und ändern ihn dahin ab, daß wir das obere Blatt dauernd wagerecht halten, das untere dagegen in verschiedene Stellung zum einfallenden Licht bringen. Das Ergebnis ist ganz ähnlich dem früheren: die Öffnung erscheint bald mit einer helleren, bald mit einer dunkleren Farbe ausgefüllt. Insbesondere zeigen sich bei Anwendung des gelben Blattes ganz dieselben olivgrünen Farben wie früher.

Dieser Versuch ist leicht zu erklären. Da das untere Blatt verschieden stark beleuchtet wird, erscheint es auch verschieden hell, zumal die Umgebung (das obere Blatt) dabei unverändert bleibt. Man sieht also unter diesen Umständen die „Schattenreihe" des unteren Blattes, d. h. die Reihe der Farben, welche durch verschiedene Beschattung der Fläche entsteht.

Nimmt man nun aber das gelbe Blatt allein zur Hand und betrachtet es ohne Mitwirkung des oberen mit seinem Loch, so sieht man es immer gleich gelb, ob man es dreht, es am Fenster im Licht betrachtet, oder in der dunkelsten Ecke des Zimmers. Ebenso sieht ein weißes Blatt immer weiß, ein schwarzes immer schwarz aus, ob die Beleuchtung stark oder schwach ist. Man hat sich durch geeignete Messungen überzeugt, daß von einem hell beleuchteten schwarzen Blatt mehr Licht ausgehen kann, als von einem schwach beleuchteten

weißen; dennoch sieht man jedes stets in seiner eigenen Farbe, das schwarze schwarz und das weiße weiß.

Dies sieht wie ein vollkommener Widerspruch aus. Die Aufklärung ergibt sich, wenn man auf die Gesamtbedingungen beider Versuche eingeht.

Bezogene Farben. Die zuletzt erwähnten Tatsachen sind Beispiele dafür, daß wir jedem Körper eine bestimmte Eigenfarbe zuschreiben, an der wir ihn wiedererkennen, und die wir als gleich auffassen, wie stark oder schwach auch die Beleuchtung sei, unter der wir ihn sehen. Diese Eigenfarbe wird immer richtig erkannt, wenn wir den Körper unter gewöhnlichen Verhältnissen betrachten, wo er ein Glied einer mannigfaltigen Umgebung anderer Körper bildet, deren Eigenfarben gleichfalls bekannt sind. Beim Wechsel der Helligkeit werden alle diese Gegenstände gleichzeitig heller oder schwächer beleuchtet, und wir sind gewohnt, diese gemeinsame Beleuchtung immer bei der Auffassung der Körperfarben genau zu berücksichtigen. Dies wird möglich durch das allgemeine Gesetz, daß ein jeder Körper von dem auffallenden Licht immer den gleichen Bruchteil zurückwirft. Einen Körper zum Beispiel, der nur $^1/_{50}$ des auffallenden Lichts zurückwirft, nennen wir schwarz. Fällt sehr viel Licht auf ihn, so wird er auch noch verhältnismäßig viel zurückwerfen, im umgekehrten Fall sehr wenig. Er wird aber immer viel weniger zurückwerfen als andere Körper, die nicht schwarz sind, und er wird daher immer dunkler aussehen als sie. Umgekehrt wirft ein weißer Körper fast alles Licht zurück. Ist er schwach beleuchtet, so beträgt dies absolut gerechnet nur wenig, es ist aber stets mehr, als die ande-

ren, nicht weißen Körper zurückwerfen, die im gleichen Licht stehen, so daß er unter allen Umständen doch der hellste bleibt.

So erklärt es sich, daß wir die Farben solcher Körper als gleich auffassen, wie groß oder klein je nach der Beleuchtung die zurückgeworfenen und vom Auge aufgenommenen Lichtmengen auch sein mögen. Wir empfinden oder sehen mit einem Wort an den Körpern nicht die absoluten, sondern die relativen oder verhältnismäßigen zurückgeworfenen Lichtmengen, wie sie durch die Beleuchtung bedingt werden. Die Beleuchtung aber beurteilen wir nach dem Aussehen der uns bekannten Körper.

Die unter solchen Umständen gesehenen Farben, d. h. die Farben unserer gewohnten Umwelt, heißen sinngemäß bezogene Farben.

Unbezogene Farben. Schließt man die eben gekennzeichneten Bedingungen aus, unter denen bezogene Farben gesehen werden, so entstehen unbezogene Farben. Solche erscheinen, wenn farbige Flächen einzeln in einem sonst lichtlosen oder dunklen Gesichtsfelde auftreten. Bei vielen optischen Apparaten ist diese Voraussetzung gegeben, und die wissenschaftlichen Untersuchungen über Farben beziehen sich daher großenteils auf unbezogene Farben. Bei ihnen fehlt im allgemeinen die Kenntnis und Beurteilung der Beleuchtungsverhältnisse.

Man kann eine vorliegende Körperfarbe unbezogen machen, wenn man sie durch das Dunkelrohr betrachtet. Dieses hat die Gestalt eines kleinen Fernrohrs; es enthält aber gar keine Linsen, sondern besteht

aus einem innen geschwärzten Rohr mit einigen Blenden (um die Beleuchtung der Innenflächen aufzuheben) und einer gut anschließenden Augenmuschel, die alles Seitenlicht abhält. Sieht man durch ein solches Rohr verschiedene einheitlich gefärbte Flächen an, so verliert man bald jedes Urteil über ihre Eigenfarben, und die ganze Farbenwelt verengt oder vereinfacht sich in auffallender Weise. Dies rührt daher, daß unter den beschriebenen Umständen ein Urteil über die Beleuchtung nicht möglich ist und daher die Grundlage für die Auffassung der Körperfarben fehlt.

Hat man beispielsweise in dem oben beschriebenen Versuch (S. 15) ein olivgrünes Feld erzeugt und setzt nun das Dunkelrohr so auf die Öffnung, daß von dem weißen Rahmen nichts sichtbar wird, so sieht das Feld rein gelb und nicht mehr olivgrün aus. Denn die Bezugnahme auf die weiße Umgebung ist durch das Dunkelrohr ausgeschaltet, und dadurch fällt auch die Auffassung fort, welche durch diese Bezugnahme bedingt war.

Somit ist der Name der unbezogenen Farben für solche Fälle gerechtfertigt.

Eigenschaften der unbezogenen Farben. Es wurde schon erwähnt, daß die unbezogenen Farben bei weitem nicht die Mannigfaltigkeit aufweisen wie die bezogenen. Zunächst fehlt jedes Grau. Schaut man z. B. in ein Mikroskop, auf dessen Tisch sich kein Gegenstand befindet, so sieht man ein kreisförmig begrenztes weißes Gesichtsfeld in ganz dunkler Umgebung, also ein unbezogenes Weiß. Läßt man nun das Gesichtsfeld durch Drehen des Spiegels oder Schließen der

Irisblende dunkler werden, so geht dieses Weiß durchaus nicht, wie man erwarten sollte, in Grau über, sondern es bleibt weiß, solange man überhaupt etwas sieht.

Das gleiche beobachtet man, wenn man die Öffnung des Dunkelrohrs mit einem Mattglase oder einem Stück Pauspapier bedeckt und es nach verschieden hellen Stellen des Zimmers richtet. Das Gesichtsfeld ist weiß und wird nicht grau, wenn man auch seine Helligkeit stark vermindert.

Es gibt eine Anzahl physikalischer Apparate (Spektroskope, Polarisationsapparate u. dgl.), welche bunte Farben im dunklen Gesichtsfelde, also unbezogene Farben zeigen. Wie mannigfaltig man auch die Bedingungen abändern mag, nie kann man Braun, Olivgrün, Graublau oder ähnliche Farben, die man trüb oder gebrochen nennt, in ihnen erblicken. Solche Farben fehlen ganz und gar unter den unbezogenen, während sie unter den bezogenen die überwiegende Mehrzahl bilden.

Mischt man den bekannten Farbstoff Methylviolett (der vielfach als Tinte benutzt wird) in wässeriger Lösung mit einem gelben Farbstoff (z. B. Auramin) und färbt damit Papier, so erhält man ein Braun. Bringt man die gemischten Lösungen aber in ein Gefäß mit parallelen Wänden und hält dies vor das gegen das Licht gerichtete Dunkelrohr, so sieht man ein reines, tiefes Rot.

So kann man die Versuche beliebig vervielfältigen. Das Gesamtergebnis läßt sich dahin aussprechen, daß den unbezogenen Farben das Schwarz fehlt, das bei den bezogenen eine überaus große Verbreitung hat. Deshalb fehlen auch alle mit Schwarz gemischten

Farben, die man eben deshalb trüb oder gebrochen nennt, und daher rührt die sehr viel geringere Mannigfaltigkeit der unbezogenen Farben gegenüber den bezogenen.

Bedeutung der bezogenen Farben. In der Folge werden wir uns fast ausschließlich mit bezogenen Farben beschäftigen, und es sind immer solche gemeint, wenn nicht ausdrücklich die Bezugsfreiheit erwähnt wird. Dies ist nicht nur dadurch gerechtfertigt, daß von uns im täglichen Leben fast nur bezogene Farben gesehen werden. Sondern es hat sich erwiesen, daß sich die unbezogenen Farben bezüglich ihrer Mannigfaltigkeit als Sonderfall der bezogenen auffassen lassen, so daß die Gesetze der bezogenen Farben die der unbezogenen enthalten und in sie übergehen, wenn von den Veränderlichen der bezogenen Farben eine bestimmte, nämlich das Schwarz, ausgeschaltet wird.

Viertes Kapitel.
Die unbunten Farben.

Bunt und unbunt. Versuchen wir, das verwirrende Chaos der Farben, welches wir tagaus, tagein erleben, durch Einteilung in große Gruppen oder Klassen zu ordnen, so treten uns zunächst die grauen Farben mit den Endpunkten Schwarz und Weiß als eine Familie entgegen, welche von allen anderen Farben wie Rot und Grün, Gelb und Blau tiefgehend verschieden ist. Die Verschiedenheit ist so groß, daß bis in unsere Zeit der Streit darüber gedauert hat, ob Weiß, Grau und

Schwarz überhaupt Farben sind. Besteht doch sogar in der Sprache die Neigung, diese Familie farblos zu nennen und als farbig nur die Angehörigen der zweiten anzuerkennen.

Nun müssen wir uns auch in diesem Falle zunächst klarmachen, daß bei einer neuen wissenschaftlichen Begriffsbildung der bisherige Sprachgebrauch keine Entscheidung, höchstens ein Recht mitzustimmen hat. Vermöge eines Jahrtausende alten, durch Aristoteles verschuldeten Denkfehlers glauben noch viele mit dem Schüler im Faust, es müßte ein Begriff bei dem Worte sein, da doch umgekehrt das Wort beim Begriff zu sein hat, d. h. ihm zu- und untergeordnet wird. Wir werden also zunächst unsere begrifflichen Bedürfnisse feststellen, und danach mit den vorhandenen Worten schalten.

Nun ist bereits durch die Erörterung des Verhältnisses zwischen Form und Farbe ein wichtiges Stück Begriffsarbeit getan worden. Hierbei hat es sich nötig erwiesen, das Mannigfaltige, was die Flecken im Gesichtsfelde ausfüllt, mit einem Namen zu belegen, und wir haben es Farbe genannt, wobei sich kein innerer Widerspruch regte. Diese Flecken sind nicht nur von Blau und Rot, von Grün und Gelb gebildet, sondern auch von Weiß, Grau und Schwarz, und in solchem Sinne sind die letzteren jedenfalls Farben zu nennen.

Weiter ist die Notwendigkeit eingetreten, diese eben Farbe genannte Mannigfaltigkeit zu teilen, um sie zu ordnen. Es geht also nicht mehr an, den allgemeinen Klassennamen ausschließlich der einen Art innerhalb der Klasse zu eigen zu machen und der an-

deren Art zu versagen. Vielmehr haben wir uns nach neuen Namen umzusehen, die dem Namen Farbe beigefügt werden, um beide Arten zu unterscheiden. Hierzu eignen sich die Wörter bunt und unbunt, und demnach nennen wir Weiß, Grau, Schwarz unbunte Farben, und Gelb, Rot, Blau, Grün bunte.

Auch hier geht es wie immer in solchen Fällen nicht ohne einen gelinden Zwang ab, denn mit bunt benennen wir nicht nur jene Farben einzeln, sondern auch Zusammenstellungen aus mehreren; wir haben dann den Gegensatz bunt und einfarbig. Dieser Sprachgebrauch wird in diesem Buche vollständig aufgegeben, und das Wort bunt wird ausschließlich in dem oben definierten Sinne als Gegensatz zu unbunt (grau, schwarz, weiß) gebraucht werden. Das Wort unbunt ist neu und hier ist demnach kein vorhandener Gebrauch aufzugeben.

Die Reihe weiß-grau-schwarz. Die unbunten Farben bilden eine stetige einfaltige Reihe mit den Endgliedern Weiß und Schwarz. Diese wenigen Worte drücken eine erhebliche Anzahl von gesetzmäßigen Tatsachen aus, die wir einzeln betrachten wollen.

Zunächst bilden die unbunten Farben eine Reihe. Nimmt man eine beliebige Anzahl grauer Blätter von verschiedener Farbe, so kann man sie immer in eine Reihe vom hellsten bis zum dunkelsten ordnen, so daß jedes einen bestimmten Platz findet und nur an diesem Platz sein kann; jeder Tausch mit einem anderen Blatt stört die Reihe. Es hat in dieser Reihe somit jedes Blatt einen helleren und einen dunkleren Nachbar. Jedes weitere Blatt, das zunächst nicht berücksichtigt

war, läßt sich in dieselbe Reihe bringen; dabei gibt es wieder nur einen einzigen Ort, an dem es richtig untergebracht werden kann. Daraus folgt, daß alle denkbaren und möglichen unbunten Farben zu einer und derselben Reihe gehören und daß diese Reihe einfaltig ist, d. h. wie eine Linie oder eine Perlenschnur derart verläuft, daß jedes Glied nur zwei Nachbarn (einen helleren und einen dunkleren) hat und nicht mehrere, wie z. B. die Felder eines Schachbretts.

Die Reihe ist stetig. Das heißt: zwischen zwei etwas verschiedene graue Farben läßt sich immer eine dritte so einschalten, daß sie heller als die eine und dunkler als die andere ist. Zwischen diese engeren Stufen lassen sich wieder Mittelglieder einschalten usf. Es befindet sich somit in der ganzen Reihe keine Stelle, wo ein Sprung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Gliedern notwendig ist, alle Sprünge lassen sich vielmehr durch Zwischenglieder beliebig weitgehend ausfüllen. Denken wir uns diese Einschaltungen überall soweit ausgeführt, daß alle Sprünge ausgefüllt sind, so gelangen wir glatt von jedem Punkt der Reihe zu jedem anderen, d. h. die Reihe ist stetig.

Solche stetige Graureihen haben wir beständig vor Augen. Biegen wir ein weißes Papier zu einem Zylinder und lassen das Licht seitlich darauf fallen, so sehen wir stetige Übergänge von hellerem zu dunklerem Grau. Der Zeichner lernt mit Tusche und Pinsel solche stetige Reihen herstellen, und auf jedem Lichtbilde finden sich zahlreiche Stellen, an denen längere oder kürzere stetige Graureihen sichtbar sind.

Weiß. Wir nennen (S. 24) eine Fläche weiß,

welche alles Licht zurückwirft, das auf sie fällt und es dabei gleichmäßig nach allen Seiten zerstreut. Ist die Rückwerfung nicht ganz vollständig, so lassen wir dennoch die Bezeichnung weiß gelten; so wirft das weißeste Papier, das wir kennen, nur 85 v. H. des Lichts zurück; seine Farbe ist also eigentlich ein Grau mit 15 v. H. Schwarz. Erst wenn der schwarze Anteil 30 v. H. überschreitet, beginnen wir den Namen Grau anzuwenden, doch wird auch eine Fläche mit 50 v. H. Schwarz, welche also nur die Hälfte des Lichts zurückwirft, noch hellgrau genannt. Es können also große Mengen Schwarz in der unbunten Farbe anwesend sein, ohne sich erheblich geltend zu machen.

Um eine fast ideal weiße Fläche zu erzeugen, muß man Papier sehr dick mit Barytweiß (gefälltes Bariumsulfat) überziehen und die Pinselspuren mit einem Stückchen von gleichbehandeltem Papier abschleifen, wobei eine ganz ebene matte Oberfläche entsteht. Eine solche Fläche ist weißer als alles, was man sonst herstellen kann, und es bestehen gute Gründe dafür, daß auch weiterhin keine merklich weißere Fläche wird hergestellt werden können.

Man kann durch den Versuch entscheiden, ob eine solche Fläche wirklich alles Licht zurückwirft, indem man sowohl das auffallende wie das zurückgeworfene Licht genau mißt. Zur Zeit fehlt indessen eine mit den gegenwärtigen Hilfsmitteln durchgeführte wissenschaftliche Arbeit, welche die Sache sicherstellte. Nachdem wiederholt auf diese große Lücke hingewiesen worden ist, wird ihre Ausfüllung von der Physikalisch-technischen Reichsanstalt durchgeführt.

Mittels eines derartig hergestellten Blattes Normalweiß kann man sich auch überzeugen, daß der frischgefallene Schnee, den man gewohnheitsmäßig als ein Ideal der Weiße ansieht, tatsächlich nicht rein weiß ist. Man lege ein solches Blatt auf eine Schneefläche, am besten bei bedecktem Himmel, um einseitige Beleuchtung zu vermeiden, und kann dann leicht feststellen, daß der Schnee wirklich etwas weniger weiß oder schwach grau im Vergleich zum Normalweiß ist.

Schwarz. Alle schwarzen Farbstoffe geben streng genommen graue Schichten, die noch etwa 2 bis 4 v. H. Weiß zurückwerfen. Das tiefste Schwarz heißt Diamantschwarz; es ist eine Art Ruß und wirft als matter Aufstrich 1,4 v. H. Weiß zurück. Schwarzer Seidensamt ist noch bedeutend schwärzer, da er nur 0,2 v. H. Weiß zurückwirft. Aber vollkommen schwarz ist er auch nicht.

Man erzielt ein ideales Schwarz, wenn man einen Hohlraum innen schwarz auskleidet und in eine seiner Wände eine kleine Öffnung macht. In dieser zeigt sich das vollkommene Schwarz. Man erkennt beim Danebenhalten eines Stücks vom besten schwarzen Samt, daß dieser doch noch eine merkliche Menge Licht zurückwirft, denn er ist deutlich heller als das schwarze Loch. Viel heller sind Aufstriche von schwarzen Farbstoffen. Am bequemsten klebt man ein würfelförmiges Kästchen aus geschwärzter oder mit Samt überzogener Pappe, die schwarze Seite nach innen, und versieht es mit einer Öffnung in einer Seite. Es genügt, daß die Seite des Kästchens rund 5mal länger ist als die des Loches, um das ideale Schwarz zu verwirklichen.

Die Wirkung dieser Einrichtung besteht darin, daß das einfallende Licht alsbald zum größten Teil von den schwarzen Wänden aufgenommen wird. Das wenige, das zurückgeworfen wird, gelangt wieder an die schwarzen Wände und wird bis auf einen kleinen Bruchteil vernichtet; dieser wird sehr bald so klein, daß er völlig unwirksam ist. Sind z. B. die Wände mit gewöhnlicher schwarzer Farbe gestrichen, so läßt die erste Rückwerfung $^1/_{50}$, die zweite $^1/_{50} \times {}^1/_{50} = {}^1/_{2500}$ oder 0,04 v. H. übrig. Das ist bereits unmerklich. Bei Samt ergibt die zweite Rückwerfung $^1/_{250\,000}$ oder 0,0004 v. H., eine vollkommen verschwindende Größe.

Die Betrachtung zeigt, daß man es vermeiden muß, das erste einfallende Licht an eine Stelle fallen zu lassen, die man beim Sehen in das Loch erblicken kann. Dies läßt sich um so leichter vermeiden, je größer der Kasten im Verhältnis zur Öffnung ist.

Während beim Weiß noch eine gewisse Unsicherheit darüber besteht, ob die beschriebene Barytschicht völlig weiß ist, oder vielmehr, wieviel die dort noch vorhandene Unvollkommenheit beträgt, ist man beim Schwarz des Dunkelkastens vollkommen sicher, daß ein tieferes nicht herstellbar ist. Das ist theoretisch wie praktisch von einiger Bedeutung.

Grau. Zwischen dem vollkommenen Weiß und dem vollkommenen Schwarz, wie sie eben beschrieben worden sind, liegen alle möglichen unbunten Farben. Jede von ihnen ist physikalisch definiert durch den Bruchteil des Lichts, den die Fläche zurückwirft. Drückt man diesen Bruch in Hundertsteln aus, so entspricht dem vollkommenen Schwarz der Wert 0,00 und dem

vollkommenen Weiß der Wert 1,00. Gewöhnliche schwarze Aufstriche haben Werte von 0,02 bis 0,04; weißes Papier hat 0,85.

Der Bequemlichkeit wegen kann man das Komma und die Null davor fortlassen; die Bezeichnungen werden dann einfacher: 02, 04 und 85. Die letzte Zahl liest man eingedenk ihrer Bedeutung nicht fünfundachtzig, sondern achtfünf.

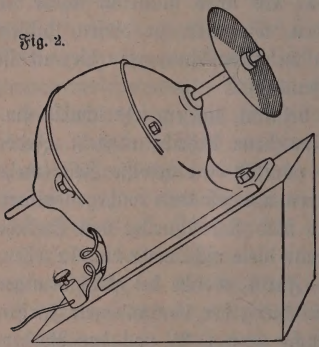
Die Drehscheibe. Es wird natürlich sofort die Frage erhoben werden, wie man zu diesen Zahlen gelangt ist. Von den mehreren Antworten hierauf ist die folgende die anschaulichste.

Es ist jedermann bekannt, daß ein sehr schnell umlaufendes Rad wie eine ebene Scheibe aussieht. Jeder Gesichtseindruck muß nämlich eine gewisse Zeit (mehr als $^1/_{30}$ Sekunde) dauern, um gesondert wahrgenommen zu werden; dreht das Rad sich schneller von Speiche zu Speiche, so kann man diese nicht mehr einzeln sehen, sondern man sieht die Farbe, welche bei gleichförmiger Verteilung und Vermischung der vorhandenen Farben entstehen würde. Macht man z. B. von der Vorderfläche einer Kreisscheibe einen Halbkreis weiß und den anderen schwarz und läßt sie kreisen, so sieht man das Grau, welches 50 v. H. Weiß und 50 v. H. Schwarz enthält.

Der Versuch läßt sich sehr bequem mittels eines kleinen Elektromotors (Fig. 2) ausführen, wie solche zu vielerlei Zwecken benutzt werden; die Umlaufsgeschwindigkeit ist meist groß genug. Man bringt auf der Achse eine kleine leichte Kreisscheibe an, gegen welche man die aus steifem Papier gefertigte gelochte Farbscheibe

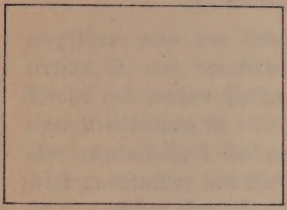
drückt, am einfachsten mit einem durchbohrten Kork. Diese Farbscheibe hat zweckmäßig nicht mehr als 10 cm Durchmesser, da sonst die nötige Geschwindigkeit schwerer zu erreichen ist. Bemalt oder beklebt man solche Scheiben in passender Weise mit schwarzen und weißen Sektoren und läßt sie umlaufen, so kann man den Erfolg der Mischung beobachten. Insbesondere überzeugt man sich, wie auffallend hell das Mischgrau aus gleichen Teilen Weiß und Schwarz ausfällt.

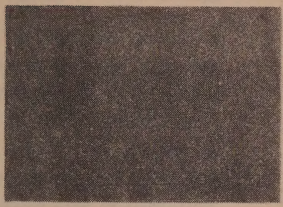
Fig. 2.

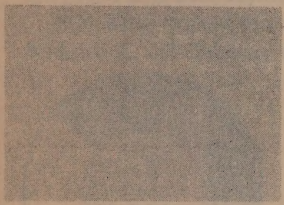


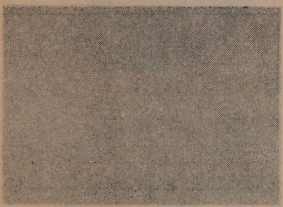
Will man das Verhältnis von Schwarz und Weiß an einem gegebenen Grau messen, so macht man aus diesem eine kleinere Scheibe von 6 cm Durchmesser, die man vor der größeren auf die Achse steckt und zusammen mit ihr umlaufen läßt. Dann erscheint innen das Grau der kleinen Scheibe und außen grenzt das Mischgrau unmittelbar an; man kann also leicht feststellen, ob beide gleich oder verschieden hell aussehen.

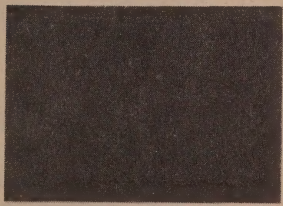
Um nun das Mischgrau auf Gleichheit einstellen zu können, nimmt man eine schwarze und eine weiße Scheibe, schlitzt sie längs eines Halbmessers auf und steckt sie so ineinander, daß man beliebige Sektoren der einen und der anderen sichtbar machen kann. Läßt man sie laufen und findet das äußere Grau zu hell, so

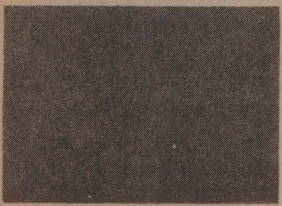






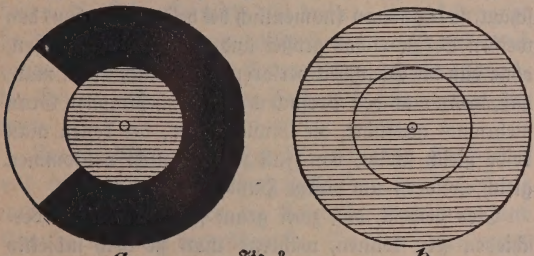






vergrößert man den schwarzen Sektor, bis Gleichheit erreicht ist, und umgekehrt. Hernach mißt man den Winkel des weißen Sektors; bedient man sich hierfür einer Kreisteilung in 100 Teile (statt der gewöhnlichen aber regelwidrigen Teilung in 360°), so ergibt die Zahl unmittelbar den Weißgehalt oder die Weiße des Grau nach der oben (S. 47) beschriebenen Bezeichnung. In Fig. 3 zeigt a die ruhende, b die umlaufende Scheibe.

Als Weiß benutzt man ein Barytweiß-Papier wie beschrieben, als Schwarz einen Kreis aus Samt, der



a Fig. 3. b

auf steifes Papier geklebt ist. Da beide unbequem zu handhaben sind, mißt man mit ihrer Hilfe die Helligkeit des weißen Papiers, aus dem man die Scheiben macht, und eines entsprechenden schwarzen. Für die laufenden Messungen dienen dann solche Scheiben, und die Ergebnisse werden entsprechend ihren gemessenen Helligkeiten umgerechnet.

Das beschriebene Verfahren ist keineswegs das genaueste und noch weniger das bequemste. Es wurde beschrieben, weil es das anschaulichste ist, da die Ergebnisse unmittelbar vor Augen liegen. Da es hier

nur darauf ankommt, die Verhältnisse grundsätzlich begreiflich zu machen, kann von einer Beschreibung anderer Verfahren abgesehen werden. Es kann die Nachricht genügen, daß solche Vorrichtungen ausgearbeitet sind, welche derartige Messungen in wenigen Minuten und mit einer Genauigkeit von weniger als $^1/_{100}$ auszuführen gestatten.

Die Schwelle. Bei der Ausführung der beschriebenen Versuche macht man folgende Beobachtung. Hat man ein Grau eingestellt, welches man dem anderen gleichschätzt, so kann man (namentlich bei helleren Farben) den weißen Sektor etwas größer und etwas kleiner machen, ohne daß die Gleichheit verloren geht. Auch findet man, daß, wenn man den Versuch mit einem bestimmten Grau mehrmals ausführt, die Einstellungen, bei denen man beide gleich schätzt, von Fall zu Fall nicht vollkommen gleich, sondern um einige Hundertstel verschieden.

Dies beweist, daß zwei graue Farben objektiv verschieden sein können, während man sie doch subjektiv als gleich ansieht. Denn wenn der weiße Sektor größer ist, so ist auch jedenfalls das Mischgrau heller, ob man es erkennen kann oder nicht.

Die grauen Farben, welche nach unserem Urteil einem gegebenen Grau gleich sind, beschränken sich somit nicht auf die einzige Farbe, welche diesem vollkommen gleich ist, sondern bilden eine kleine Gruppe von etwas verschiedener Weiße. Diese wird begrenzt von einem Grau, welches eben erkennbar dunkler, und einem anderen, welches eben erkennbar heller ist als das gegebene. Was dazwischen liegt, wird als gleich dem gegebenen aufgefaßt und beurteilt.

Dieses Verhalten ist ganz allgemein. Alle Gleichheiten, die wir auf irgendeine Weise feststellen, sind in einem gewissen Umfange unbestimmt und schwanken innerhalb einer gewissen Breite, die man die Schwelle nennt. Diese Schwelle kann sehr verschieden groß sein. Je kleiner sie im Verhältnis zu den verglichenen Werten ausfällt, um so genauer ist der Vergleich. Machen wir z. B. um die innere Scheibe einen breiten schwarzen Ring, der die beiden grauen Flächen voneinander trennt, so zeigen alsbald die Einstellungen stärkere Verschiedenheiten, die Schwelle wird also breiter. Umgekehrt wird sie schmäler, wenn man dafür Sorge trägt, daß durch genaues Schneiden und Ansetzen der inneren Scheibe die Grenze zwischen beiden Feldern so fein wie möglich wird.

Ferner hängt die Schwelle auch vom Beobachter und seinem augenblicklichen Zustande ab. Begabung und Übung verkleinern die Schwelle, Ermüdung und Unaufmerksamkeit vergrößern sie. Sie kann daher immer nur angenähert festgestellt werden. Doch ist ihr Dasein viel wichtiger als ihre Größe.

Bedeutung der Schwelle. Eine eindringende Überlegung läßt alsbald erkennen, daß ohne das Dasein der Schwelle es ganz unmöglich wäre, zwei Farben oder zwei andere Dinge überhaupt gleich zu machen. Denn im mathematischen Sinne liegen zwischen zwei etwas voneinander verschiedenen Farben wegen der Stetigkeit unendlich viele, von denen nur eine der Vergleichsfarbe mathematisch gleich sein kann. Man müßte also unendlich viele Einstellungen machen, um sie zu finden d. h. ein Menschenleben würde nicht aus-

reichen, um auch nur einen derartigen Versuch zu Ende zu führen. Das Vorhandensein der Schwelle bedingt dagegen, daß eine Einstellung, die keinen Unterschied erkennen läßt, bald und leicht gefunden werden kann. Was also zuerst als eine Unvollkommenheit erschien, erweist sich als eine notwendige Voraussetzung für die Möglichkeit einer Messung überhaupt.

Anzahl der Graustufen. Die Tatsache der Schwelle bewirkt, daß zwischen dem vollkommenen Weiß und Schwarz trotz der Stetigkeit ihres Zusammenhanges nicht unendlich viele Stufen sich einschalten lassen, sondern nur eine endliche Zahl, die etwa um 100 bis 300 liegt. Eine genauere Angabe ist nicht möglich, weil die Schwelle sowohl vom Beobachter wie von der Art des Vergleichs abhängt (S. 51). Die Schwelle ist unter sonst gleichen Umständen um so kleiner, je schärfer die zu vergleichenden Felder aneinander grenzen; auch hängt sie von der Größe und Gestalt der Felder ab.

Das Gesetz von Fechner. Hält man die übrigen Bedingungen so gleich wie möglich und bestimmt die Größe der Schwelle bei verschieden hellen und dunklen Farben, so stellt sich folgendes wichtige Gesetz heraus: die Schwelle ist überall ein gleicher Bruchteil der Weiße. Beträgt sie z. B. 4 bei der Weiße 80, so findet man sie gleich 2 bei der Weiße 40, gleich 1 bei der Weiße 20, gleich 0,4 bei der Weiße 8 usw., nämlich immer $^1/_{20}$ der jeweils vorhandenen Weiße. Verändert man die Bedingungen, so daß z. B. die Schwelle bei der Weiße 80 auf 1 herabgeht, so ist sie 0,5 bei 40, 0,1 bei 8 usw., nämlich immer $^1/_{80}$ der Weiße.

Dieses Gesetz ist zuerst von E. H. Weber aufgestellt worden. Doch hat erst G. Th. Fechner es in seiner ganzen Bedeutung erkannt und auf Empfindungen aller Art methodisch angewendet, so daß es billig mit seinem Namen verbunden wird, obwohl er selbst es immer nach Weber benannt hat.

Dieses Gesetz ist von grundlegender Bedeutung für die ganze Farbenlehre und wird deshalb weiterhin beständig angewendet werden. Darum sei schon hier bemerkt, daß es wie so viele andere fundamentale Gesetze ein Grenzgesetz oder Idealgesetz ist. Ein solches gilt unter gewissen Verhältnissen ganz genau, meist aber nur angenähert, indem andere Einflüsse mitwirken. So hört auch die Geltung des Fechnerschen Gesetzes dort auf, wo das Auge zu versagen beginnt, nämlich einerseits bei großer Helligkeit und andererseits bei sehr kleiner.

Andere Form des Fechnerschen Gesetzes. Nehmen wir an, daß unter gegebenen Bedingungen die Schwelle 10 bei 100 betrage; dann werden wir von dem vollkommenen Weiß erst das Grau 90 sicher unterscheiden. Von 90 werden wir die um $^1/_{10} \cdot 90$ niedrigere Stufe 81 eben unterscheiden. Die folgende Stufe ist um $^1/_{10} \cdot 81 = 8{,}1$ niedriger, liegt also bei 72,9, die nächste bei 65,6, die folgende bei 59,0 usw.

Diese Zahlen bilden eine Reihe, welche durch die Ausdrücke $0{,}9$, $0{,}9 \times 0{,}9 = (0{,}9)^2$, $0{,}9 \times 0{,}9 \times 0{,}9 = (0{,}9)^3$, $(0{,}9)^4$, $(0{,}9)^5$ usw. dargestellt wird. Man nennt solche Reihen, deren Glieder in gleichem Verhältnis zueinander stehen, geometrische Reihen.

Nun betrachten wir diese Grausstufen unter solchen

Bedingungen, daß die Schwelle viel kleiner, z. B. $^1/_{100}$ ist. Dann werden die Stufen um viel mehr als die jetzige Schwelle, also um verhältnismäßig große Abstände entfernt erscheinen. Doch werden diese Abstände, da sie aus gleichwertigen Schwellen entstanden sind, wiederum gleich groß erscheinen. Wir schließen also: Graustufen, deren Weißen eine geometrische Reihe bilden, erscheinen gleich viel verschieden.

Nun nennt man Reihen, deren Glieder um gleich viel verschieden sind, arithmetische Reihen. Der arithmetischen Reihe der Empfindungen (Farben) entspricht eine geometrische Reihe der Weißen oder: Damit die Graustufen als gleichstufige oder arithmethische Reihe empfunden werden, müssen die Weißen eine geometrische Reihe bilden.

Dies ist eine häufig angewendete Form des Fechnerschen Gesetzes. Eine andere, die sich nur äußerlich von ihr unterscheidet, lautet: Die Empfindung der grauen Farben ändert sich proportional den Logarithmen ihrer Weißen.

Grenzen des Fechnerschen Gesetzes. Es ist schon erwähnt worden, daß das Fechnersche Gesetz nicht in jedem Umfange giltig ist. Daß es nicht unter allen Umständen und bis zu den äußersten Grenzen Anwendung finden kann, geht schon aus der allgemeinen Tatsache der Schwelle hervor. Denn es gibt Lichtmengen, die so gering sind, daß sie überhaupt keinen Eindruck machen; dort hört notwendig jede Beziehung zwischen Reiz und Empfindung, zwischen Weiße und Helligkeit auf.

Nach dem allgemeinen Stetigkeitsgesetz läßt sich

ferner erwarten, daß bereits in der Nähe dieses Punktes, nämlich dort, wo die Lichteindrücke deutlich schwächer werden, Abweichungen von dem einfachen Gesetz auftreten werden. Auch diese Erwartung findet sich erfüllt. Allgemein verliert das Fechnersche Gesetz dort seine Gültigkeit, wo das Auge seinen Dienst zu versagen beginnt (S. 53).

Dies gilt nicht nur an der unteren Grenze der Lichtwirkung, sondern auch an der oberen. Trifft zu viel Licht das Auge, so entsteht eine unangenehme Empfindung, die Blendung, zum Zeichen dafür, daß das Organ leidet. Alsdann ist eine ungestörte Auffassung verhindert, und das Fechnersche Gesetz verliert seine Geltung.

Dazwischen liegt aber das große Gebiet des normalen Sehens, das uns vor allem wichtig ist. Hier kann man das Fechnersche Gesetz als einen guten Ausdruck der Tatsachen anerkennen, der über den allergrößten Teil der Verhältnisse richtige Auskunft gibt. Wir werden kaum je Veranlassung haben, dies Gebiet zu verlassen.

Die Normen der unbunten Farben. Ähnlich wie man die stetige Reihe der Tonstufen in Oktaven und diese in die 12 Stufen der chromatischen Tonleiter einteilt, und in aller Musik, so mannigfaltig sie auch ist, nur diese 12 Stufen benutzt unter vollständiger Fortlassung aller Zwischentöne, so ist auch im Farbgebiet anzustreben, aus den stetigen Reihen, die dort vorkommen, ganz bestimmte Stufen für den Gebrauch der Farbkunst und der Technik auszuwählen und auf alle anderen zu verzichten.

Nun entsteht die Frage, nach welchen Grundsätzen dies zu geschehen hat. Die Antwort wird dadurch gegeben, daß alles Zählen und Messen durch die Zehnzahl geteilt und geordnet wird. Es sind deshalb zwischen 100 und dessen zehntem Teil, also 10, in geometrischer Reihe 10 Stufen der Weiße einzuschalten, und ebenso zwischen 10 und 1, dessen zehntem Teil. Weiter braucht man aus praktischen Gründen nicht zu gehen.

Führt man die Rechnung aus, so erhält man folgende Stufen:

100	79	63	50	40	32	25	20	16	12,6
10	7,9	6,3	5,0	4,0	3,2	2,5	2,0	1,6	1,26

Man erkennt alsbald, wie die Reihe von 1 bis 0,1, von dort bis 0,001 usw. fortgeführt werden kann, wenn dafür ein Bedürfnis entstehen sollte.

Hierdurch ist die unbunte Reihe in die Stücke 100 bis 79, 79 bis 63, 63 bis 50 usw. geteilt worden. Wir brauchen aber nicht Stücke, sondern Punkte. Als solche dienen die (geometrischen) Mittelwerte zwischen den beiden Enden jedes Stückes. So hat das Stück 100 bis 79 den Mittelwert 89, der nächste Mittelwert ist 71, der folgende 56 usw.; die ganze Reihe nimmt folgende Werte an:

89	71	56	45	35	28	22	18	14	11
a	b	c	d	e	f	g	h	i	k
8,9	7,1	5,6	4,5	3,5	2,8	2,2	1,8	1,4	1,1
l	m	n	o	p	q	r	s	t	u

0,89	0,71	0,56	0,45	0,35
v	w	x	y	z

Zu den Zahlen sind Buchstaben geschrieben worden, mit denen die entsprechenden Graustufen hernach be-

zeichnet werden sollen, ebenso wie man die Töne nicht mit ihren Schwingungszahlen, sondern mit Buchstaben (und Nachsilben) bezeichnet. Nach den früher (S. 55) angegebenen kommt man praktisch kaum über den Buchstaben v hinaus.

Endlich ist zu bemerken, daß für die meisten Anwendungen diese Abstände zu klein sind. Man gebraucht daher vorwiegend jede zweite Stufe, nämlich:

89	56	35	22	14	8,9	5,6	3,5	2,2	1,4
a	c	e	g	i	l	n	p	r	t

Auf Tafel I finden sich diese Stufen dargestellt. Die Grenze dessen, was man Weiß nennt, liegt etwa bei c, die des Schwarz etwa bei l; was zwischen c und l liegt, nennt man Grau.

Man tut gut, sich das Aussehen dieser Stufen gut einzuprägen. Ungleich dem Tonsinn ist bei den meisten Menschen ein „absoluter" Farbsinn vorhanden, demzufolge man sich nicht nur Verhältnisse, sondern unmittelbare Werte von Farben einprägen kann. Namentlich die wichtigsten Stufen a c e g i l n p lassen sich unschwer erlernen.[1]

Weiße und Helligkeit. Nennen wir **Helligkeit** die subjektive oder seelische Eigenschaft der unbunten Farben, mittels deren wir diese unterscheiden, und deren physikalische Ursache die verschiedene Weiße ist, so müssen wir gemäß dem Fechnerschen Gesetz beide genau

1 Die technischen Schwierigkeiten des Druckes gestatten keine genaue Wiedergabe der Stufen, die sich außerdem mit Druckerschwärze nur bis p führen lassen. Wegen exakter Darstellung dieser und anderer Normen vgl. den Anhang.

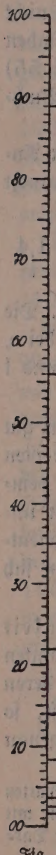


Fig. 4.

unterscheiden. Denn um gleichabständige Helligkeiten zu ergeben, müssen die Weißen eine geometrische Reihe bilden. Um dies Verhältnis anschaulich zu machen, sind in Fig. 4 beide Reihen nebeneinander abzutragen. Links finden sich gleichabständig die Stufen der Weiße, rechts sind gleiche Stufen der Helligkeit gemäß S. 56 angegeben.

Man sieht deutlichst, wie große Schritte nach Schwarz die hellsten Stufen a—c und c—e machen und wie diese Schritte immer enger und enger werden, je mehr man sich dem vollkommenen Schwarz nähert. Gleichzeitig erkennt man, daß eine Graureihe, welche in gleichen Abständen der Weiße hergestellt wird, z. B. mit den Werten 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10, 00, einen sehr unregelmäßigen Anblick liefert. Denn da a auf 89, c auf 56 fällt, so liegen die 5 ersten Stufen, nämlich 100 bis 60, innerhalb dieses ersten Schrittes; bis e reichen mehr als 7 Stufen. Am Ende aber drängen sich l, n, p, r und t in dem einen Zwischenraum 10 bis 00 zusammen. Eine solche Leiter würde also viel zu viel helle Stufen enthalten, während am dunklen Ende umgekehrt viel zu wenig Stufen vorhanden, die Sprünge also viel zu groß sind.

Will man die Werte der Weißen so verteilen, daß gleiche Abstände gleiche Empfindungsstufen gemäß dem Fechnerschen Gesetz darstellen, so muß man sie nach einer log-

arithmischen Teilung (wie sie u. a. auf den bekannten Rechenschiebern angebracht sind) anordnen. Fig. 5 stellt links eine solche logarithmische Teilung von 01 bis 100 dar; rechts sind die Punkte der Reihe a c e g i l n p r t angegeben, die, wie man sieht, gleichabständig ausfallen.

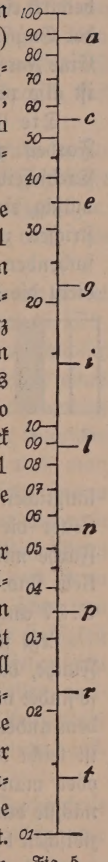


Fig. 5.

Es ist zu beachten, daß die logarithmische Teilung links nicht mit 00, sondern mit 01 anfängt. Nach den Gesetzen der Logarithmen würde nämlich der Nullpunkt links im Unendlichen liegen. Da aber jedes Schwarz noch etwas Weiß enthält, so liegt auch sein Punkt stets im Endlichen. Wäre z. B. das Schwarz des Samts zu berücksichtigen, so brauchte man links nur ein weiteres Stück der Linie anzusetzen, das von 01 nach 001 führt. Da Samt 002 hat, findet seine Farbe dort ihren Ort.

Der endliche Schwarzpunkt. Da der Ausdruck a^n (wo a ein echter Bruch ist), welcher die Glieder der absteigenden geometrischen Reihe darstellt, indem $n = 1, 2, 3$ usw. gesetzt wird, bei wachsendem n niemals gleich Null wird, so ist scheinbar der psychologische Schwarzpunkt durch empfindungsgleiche Stufen nie erreichbar. Tatsächlich besteht aber auch hier eine Schwelle, indem es einen endlichen Mindestwert des Lichts gibt, unter welchem eine Empfindung überhaupt nicht zustande kommt. Ist die Reihe auf diesen Wert gekommen, so

bewirkt eine weitere Abnahme der Weiße keine Änderung der Empfindung mehr, da ihr tiefster Punkt erreicht ist. Eine Fortsetzung hat dann keinen Sinn mehr; die Reihe ist also praktisch endlich.

Die Grauleiter. Um bequem und genau graue Farben zu messen, ohne jedesmal die umständliche Drehscheibe in Betrieb nehmen zu müssen, ist es zweckmäßig, eine Reihe von genau eingestellten grauen Aufstrichen zu benutzen, mit denen man die zu untersuchenden vergleicht. Für den allgemeinen Gebrauch dient die kleine Grauleiter, Fig. 6, die aus einem

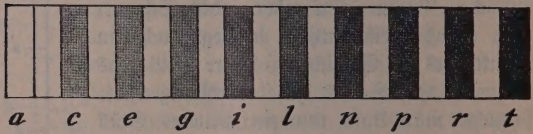


Fig. 6.

länglichen Rahmen besteht, über welchen wie bei einer Leiter die Sprossen, Streifen von eingestellter grauer Farbe mit gleich breiten offenen Zwischenräumen geklebt sind. Es reicht meist aus, die Stufen gemäß der S. 57 angegebenen Folge a c e g i l n p r t herzustellen.

Legt man diese Grauleiter so auf irgendeine graue Fläche, daß keine Schatten an den Rändern entstehen, so findet man an dem einen Ende die Streifen heller, an dem anderen dunkler als den Untergrund. Dazwischen ist leicht die Sprosse festzustellen, welche ebenso hell ist, oder man erkennt, daß die eine Sprosse heller, die nächste dunkler ist als der Grund, so daß dessen Farbe zwischen beiden liegt. Trifft dies z. B. für die Sprossen i und l zu, so hat das untersuchte Grau die Stufe k.

Das kleine Gerät ist nur 4 cm breit und 11,3 cm lang, so daß es sich in der Brieftasche mitführen läßt. Für den praktischen Künstler und Kunstgewerbler ist es von häufigem und mannigfaltigem Gebrauch, fast wie das Metermaß für den Techniker.[1]

Technisches. Um solche grauen Aufstriche herzustellen, genügt es nicht, weiße und schwarze Farbstoffe zu mischen und mit einem Bindemittel aufzutragen. Versucht man es, so erweist sich die Farbe nicht rein grau, sondern deutlich bläulich.

Die Ursache dieser allgemeinen Erscheinung findet sich in dem früher erwähnten Buch von Geigel, S. 179, erklärt. Hier handelt es sich nur darum, sie unschädlich zu machen. Dies geschieht durch Zumischung eines dunkelgelben Farbstoffs, z. B. Ocker. Da die notwendige Menge von der besonderen Beschaffenheit der benutzten weißen und schwarzen Farbstoffe abhängt, muß man sie in jedem Falle bestimmen. Dies geschieht, indem man schwarzen Farbstoff und Ocker in verschiedenen Verhältnissen vermischt, durch Zusatz von Weiß Grau erzeugt und dieses auf der Drehscheibe mit dem Grau vergleicht, das aus einer weißen und einer schwarzen Scheibe entsteht (S. 48). Stellt man gleiche Helligkeit ein, so kann man auch kleine Farbunterschiede leicht erkennen und das Mischungsverhältnis feststellen, welches das richtige Grau gibt. Das gleiche Verhältnis Schwarz : Ocker kann auch für die helleren und dunkleren grauen Farben benutzt werden.

Das neutrale oder von jeder bunten Farbe freie Grau erscheint den meisten zunächst bräunlich oder

1 Vergl. den Anhang

„mausgrau". Das rührt daher, daß man sich unwillkürlich gewöhnt hat, das beim Mischen der Farbstoffe entstehende bläuliche Grau für das richtige zu halten. Doch lernt man bald um. Die grauen Farben, welche durch optische Mischung sehr kleiner schwarzer und weißer Punkte bei verschiedenen Druckverfahren (Autotypie) entstehen, wenn das Auge die Punkte nicht mehr unterscheiden kann, sind gleichfalls neutrales Grau, und man überzeugt sich leicht, daß es mit dem wie beschrieben hergestellten übereinstimmt.

Die genaue Einstellung der grauen Farben auf eine vorgeschriebene Helligkeit ist eine schwierige Sache, die nur von Personen ausgeführt werden kann, die an wissenschaftliches Messen und Arbeiten gewöhnt sind. Sie soll deshalb nicht eingehend beschrieben werden. Dagegen ist es verhältnismäßig leicht, ein gegebenes Grau richtig nachzumischen. Man beschafft sich daher eine richtige Grauleiter (S. 60) und kann mit deren Hilfe sich beliebige Mengen grauer Aufstriche von bekannter Helligkeit gemäß den Normen S. 56 herstellen.

Künstlerische Anwendung. Für kunstgewerbliche Zwecke werden oft mehrere Stufen Grau zu Schmuckzwecken angewendet. Wählt man diese in gleichen Abständen aus der Normenreihe, so kann man sicher sein, daß sie zueinander passen. Sind z. B. aus anderen Gründen die Stufen g und l benutzt worden, und soll noch eine Zwischenstufe eingeschaltet werden, so wird ein geschmackvoller Arbeiter unwillkürlich ein Grau nehmen, welches gleich i oder doch sehr nahe ausfällt. Denn dieses steht für die Empfindung gleich weit von g und l ab, fügt sich also harmonisch zwischen beide.

Dies ist der erste und einfachste Fall des Grund- oder Hauptsatzes der Farbharmonie, nach welchem solche Farben (und nur solche) zueinander passen, welche durch eine gesetzmäßige Beziehung miteinander verbunden sind.

So einfach dieser Satz aussieht, so weittragend ist seine Bedeutung und so unerschöpflich sein Inhalt. Bei der Betrachtung der bunten Farben, deren Harmonien er gleichfalls regelt, werden einige von seinen unzähligen Anwendungen zur Sprache kommen. Er enthält kurz gesagt die grundsätzliche Lösung des alten Problems von der Harmonie der Farben.

Fünftes Kapitel.

Die bunten Farben.

Die Veränderungen. Betrachten wir irgendeinen lebhaft gefärbten Gegenstand, z. B. eine Stange Siegellack. Ihre Farbe ist rot. Wir fragen uns: in welchem Sinne kann man das Rot stetig ändern?

Eine graue Farbe kann man nur heller oder dunkler machen; damit ist ihre Veränderlichkeit erschöpft. Deshalb kann man alle denkbaren grauen Farben durch eine Linie (am einfachsten eine Gerade) darstellen, an deren Enden Weiß und Schwarz sind, und auf der jedes Grau seinen bestimmten Ort hat. Die Gruppe der grauen Farben ist einfaltig (eindimensional).

Das Rot des Siegellacks kann man dagegen auf mehrfache Weise geändert denken. Es kann gelblicher werden und etwa die Farben der Mennige annehmen,

oder bläulicher werden und die Farbe der Rose annehmen. Ebenso kann eine blaue Farbe rötlicher oder grünlicher, eine gelbe grünlicher oder rötlicher werden usw. Man nennt die Eigenschaft, welche sich hierbei ändert, den Farbton. Die alten Namen der verschiedenen Farben, wie Gelb, Rot, Blau, Grün bezeichnen den Farbton.

Nun kann man aber auch den Farbton (Zinnoberrot) beibehalten und die Farbe durch Zusatz von Weiß blasser machen, bis sie schließlich in Weiß ausläuft. Ebenso kann man sie durch Zusatz von Schwarz dunkler machen, bis sie in Schwarz übergegangen ist. Endlich kann man sie mit jedem beliebigen Grau mischen und die rote Farbe in die graue überleiten.

Was eben für Rot beschrieben worden ist, gilt für jeden anderen Farbton. Ganz gleichartige Änderungen lassen sich an einer gelben, blauen, grünen Farbe, sowie an allen zwischenliegenden vornehmen.

Es erhebt sich also die Frage, wie man diese große Mannigfaltigkeit gesetzmäßig erfassen kann, so daß keine Farbe aufzeigbar ist, welche nicht ihren bestimmten Platz in der aufgestellten Ordnung hätte.

Das farbtongleiche Dreieck. Eine solche Ordnung gelingt auf folgende Weise.

Wir zeichnen ein gleichseitiges Dreieck (Fig. 7) und bringen in die linke Ecke v die reine, von Weiß und Schwarz freie Farbe (Vollfarbe), in die obere Ecke w Weiß, in die untere s Schwarz. Längs der Seite vw ordnen wir alle Abstufungen zwischen Vollfarbe und Weiß, längs vs alle Abstufungen zwischen Vollfarbe und Schwarz. Nach ws kommt unsere wohlbekannte unbunte Reihe, welche alle grauen Farben enthält.

Der 24teilige
Farbtonkreis.

Jetzt ziehen wir von v nach jedem Punkt von ws eine Gerade und bringen auf ihr alle Abstufungen zwischen der Vollfarbe und dem Grau an, auf welches die Gerade in ws trifft. Dadurch bringen wir alle denkbaren Abstufungen der Vollfarbe mit jedem beliebigen Grau in jedem beliebigen Verhältnis unter. So wird jeder Punkt der Dreiecksfläche mit einer Farbe besetzt.

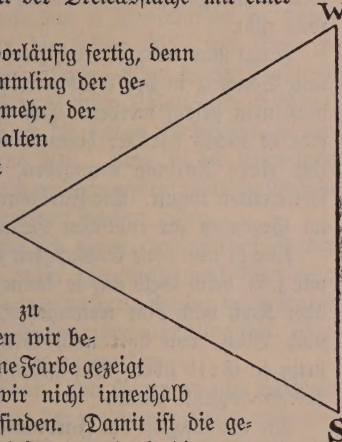


Fig. 7.

Jetzt sind wir vorläufig fertig, denn es gibt keinen Abkömmling der gewählten Vollfarbe mehr, der nicht seinen Ort erhalten hätte. Wir brauchen nur noch für jeden Farbton ein derartiges Dreieck herzustellen und diese Dreiecke zu ordnen; dann können wir behaupten, daß uns keine Farbe gezeigt werden kann, die wir nicht innerhalb dieser Ordnung vorfinden. Damit ist die gewaltige, unlösbar erscheinende Aufgabe, die ganze Farbenwelt zu ordnen, grundsätzlich gelöst.

Der Farbkreis. Es bleibt uns noch übrig, die besonderen Eigenschaften der beschriebenen Gruppen zu untersuchen. Wir beginnen mit dem Farbton.

Zunächst sind die Zusammenhänge der verschiedenen Farbtöne stetig. Zwischen Mennigrot und Zinnoberrot kann man so viele Zwischenstufen einschalten (die man durch Mischen der Farbstoffe in abgestuften Ver-

hältnissen leicht darstellen kann), daß keine Sprünge mehr sichtbar sind. Wir erkennen gleichzeitig das Vorhandensein einer Unterschiedschwelle, die der der grauen Farben ganz ähnlich sich verhält. Dasselbe gilt für jedes andere Paar von Farbtönen; die Farbtöne bilden also eine stetige einfaltige Reihe. Einfaltig, weil es zwischen zwei Farbtönen nur eine Übergangsreihe gibt.

Fragt man aber, ob auch zwei Endpunkte wie Weiß und Schwarz in der Farbtonreihe vorhanden sind, so muß nein gesagt werden. Hat man Weiß erreicht, so gibt es nichts darüber hinaus. Es ist aber nicht möglich, einen Farbton anzugeben, über den man nicht fortschreiten könnte. Die Farbtonreihe ist also endlos, im Gegensatz zur endlichen Graureihe.

Wie ist nun diese Endlosigkeit zu verstehen? Fangen wir z. B. beim Gelb an, so können wir von dort stetig über Kreß nach Rot weitergehen, von Rot über Veil nach Blau, von dort nach Grün. Grün geht aber stetig in Gelb über. Wir gelangen also nach unserem Ausgangspunkt zurück.

Die Endlosigkeit der Farbtonreihe ist also keine Unendlichkeit im mathematischen Sinne, sondern sie rührt daher, daß die Farbtonreihe in sich zurückläuft oder in sich geschlossen ist. Sie wird deshalb nicht wie die Graureihe durch eine Gerade dargestellt, sondern durch einen Kreis. Auf Tafel II ist ein solcher Farbtonkreis oder kurz Farbkreis in 24 Stufen dargestellt.[1]

1 Drucktechnische Schwierigkeiten, die zur Zeit noch unüberwindbar sind, bewirken, daß die Darstellung ziemlich unvollkommen ausfallen mußte. Eine genügende Wiedergabe vor-

Betrachtet man den Kreis genauer, so kann man 8 Hauptfarben unterscheiden, von denen jede durch 3 Stufen vertreten ist, nämlich folgende

Gelb	Ublau
Kreß	Eisblau
Rot	Seegrün
Veil	Laubgrün

Bisher pflegte man nur 6 Hauptfarben zu unterscheiden, indem man die beiden Blau und Grün zu je einer Farbe zusammenfaßte. Aber bereits Newton hat Indigo und Blau (unser Ublau und Eisblau) unterschieden, und auch die beiden Grün sind so verschieden, wie Rot und Veil. Auch ist die Einteilung in 8 Hauptfarben durch wichtige wissenschaftliche Gründe bedingt, die später erörtert werden sollen.

Die im Farbkreise sich gegenüberliegenden Farben stehen in besonders naher (gegensätzlicher) Beziehung. Sie heißen daher Gegenfarben. In der vorstehenden Tabelle stehen je zwei Gegenfarben nebeneinander. Man tut wohl, sich die Paare zu merken.

Hellklare Farben. Im Gegensatz zum Farbtonkreise und vergleichbar der unbunten Reihe verlaufen die anderen Reihen, nach denen sich die bunten Farben ordnen lassen, geradlinig zwischen zwei natürlichen Endpunkten, nämlich der Vollfarbe und der unbunten Farbe. Dies geht schon daraus hervor, daß die frag-

---

geschriebener Farben läßt sich gegenwärtig nur durch Handarbeit (Färben oder Aufstreichen) erreichen. Ein solches Verfahren wird daher bei den anderen Veröffentlichungen des Verfassers (vgl. den Anhang) angewendet; es ist allerdings teurer als der Druck.

lichen Reihen sich durch Gerade im farbtongleichen Dreieck haben darstellen lassen (S. 65).

Diese Reihen haben nicht nur für die Theorie der Farben, sondern auch für die angewandte Kunst eine große Bedeutung und sollen daher etwas eingehender betrachtet und bezeichnet werden.

Zunächst haben wir die durch die Dreieckseite vw (Fig. 7) dargestellte Reihe, die von der Vollfarbe zum Weiß führt. Wir nennen sie die hellklare Reihe. Sie ist dem Maler wohlbekannt, denn sie entsteht bei Decktünchen aus dem reinen Pigment durch Zumischung von Weiß, bei Lasurtünchen durch zunehmend dünneren Auftrag auf weißem Grunde. Im Sinne der Farbenlehre ist jede hellklare Farbe definiert durch einen bestimmten Anteil Weiß neben der Vollfarbe, der wie beim Grau von 00 bis 100 gehen kann.

Diese Mischungen verhalten sich ähnlich wie die Schwarz-Weiß-Mischungen, indem ziemlich große Mengen Vollfarbe zu Weiß gesetzt werden müssen, damit sich der Farbton geltend macht. Läßt man auf der Drehscheibe Weiß mit einem Sektor möglichst reiner Farbe, z. B. Zinnoberrot, laufen, so muß man den roten Sektor auf etwa 20 Hundertstel einstellen, damit in der Mischfarbe der rote Anteil überhaupt erkennbar wird.

Umgekehrt sind bereits sehr kleine Mengen Weiß in der Vollfarbe erkennbar. Die Vollfarbe verhält sich somit gegen Weiß wie Schwarz sich gegen Weiß verhält.

Dunkelklare Farben. Mischt man Vollfarbe stufenweise mit Schwarz, so erhält man die in der Dreieckseite vs liegende Reihe der dunkelklaren Farben. Mit Farbstoffen lassen sich diese nur unvoll-

kommen herstellen, da alle schwarzen Pigmente noch Weiß enthalten (S. 45), gegen welches die dunkelklaren Farben höchst empfindlich sind. Bessere Ergebnisse erhält man mit der Drehscheibe, wenn man eine schwarze Samtscheibe mit einem Sektor reinster Farben umlaufen läßt. Da man wenig Gelegenheit hat, dunkelklare Farben zu sehen, wirken die so erzeugten Farben außer durch ihre natürliche Schönheit noch durch Überraschung.

Gleichfalls mittels der Drehscheibe überzeugt man sich, daß man zu einer Vollfarbe verhältnismäßig große Mengen Schwarz setzen kann, bevor ein Unreinwerden merklich wird, während bereits kleine Mengen Vollfarbe neben sehr viel Schwarz deutlich in die Erscheinung treten. Auch hier verhalten sich Vollfarbe und Schwarz ähnlich wie Weiß und Schwarz. Während aber bei den hellklaren Farben die Vollfarbe an die Stelle des Schwarz trat, tritt sie hier an die Stelle des Weiß. Dieser bemerkenswerte Gegensatz ist von großer Bedeutung und wird später wiederholt zur Geltung kommen.

Die trüben Farben. Während die klaren Farben neben Vollfarbe nur Weiß oder nur Schwarz enthalten, sind die trüben Farben durch die gleichzeitige Anwesenheit von Weiß und Schwarz (also von Grau) neben Vollfarbe gekennzeichnet.

Sie erhalten dadurch ein besonderes Aussehen, welches durch den Namen trüb gut gekennzeichnet ist. Im farbtongleichen Dreieck liegen sie im Inneren, das sie vollständig erfüllen. Zu den klaren und den unbunten Farben, welche die Dreieckseiten bilden, sind

überall stetige Übergänge vorhanden, wie denn alle Farbreihen ohne Ausnahme stetig sind.

Die Dreifaltigkeit der bunten Farben. Aus dem (S. 66) Gesagten ging hervor, daß die Farbtöne ähnlich wie die unbunten Farben eine einfaltige Reihe bilden. Es fragt sich, welcher Grad der Mannigfaltigkeit vermöge der Abstufungen nach Weiß, Grau, Schwarz besteht.

Nun haben wir gesehen, daß sich die Gesamtheit

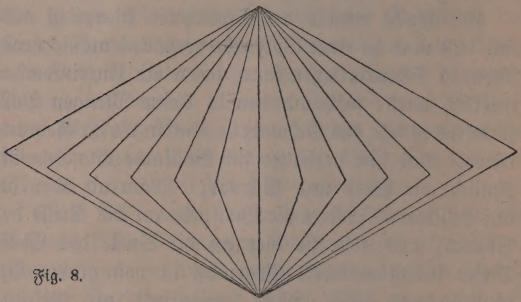


Fig. 8.

aller Farben gleichen Farbtons in einem Dreieck restlos unterbringen und ordnen lassen. Ein Dreieck ist ein Stück einer Ebene und daher zweifaltig wie diese. Daraus wird klar, daß auch die Farben gleichen Farbtons eine zweifaltige Gruppe bilden.

Nimmt man die einfaltige Veränderlichkeit des Farbtons dazu, so stellt sich die Gesamtheit aller bunten und unbunten Farben als eine dreifaltige Gruppe dar. Da der Raum diese Eigenschaft hat, so muß sich diese Gesamtheit in einer räumlichen Figur restlos abbilden lassen.

Der Farbkörper. Dies geschieht auf folgende Weise. Man nimmt alle farbtongleichen Dreiecke und fügt sie längs der grauen Seite zusammen, wobei man die Spitzen mit den Vollfarben so auseinandertreten läßt, daß sie insgesamt einen Farbkreis bilden (Fig. 8). Die Gesamtheit der Dreiecke (im Sinne der Stetigkeit) bildet dann einen flachen Doppelkegel, in dessen oberer Spitze Weiß liegt. Die untere Spitze trägt Schwarz und die Umfanglinie trägt den stetigen Farbtonkreis der Vollfarben.

Auf dem oberen Kegelmantel liegen alle hellklaren, auf dem unteren alle dunkelklaren Farben. Im Inneren des Doppelkegels liegen alle trüben Farben, und seine Achse wird von der Reihe der unbunten Farben gebildet.

Auf solche Weise ist die ganze Farbenwelt gesetzmäßig untergebracht, und man ist vollkommen sicher, jede Farbe, und sei sie noch so willkürlich gebildet, an ihrer Stelle im Farbkörper antreffen zu können.

Durchschnitte. Um einen noch besseren Überblick über den Farbkörper zu gewinnen, kann man, wie dies die Naturforscher tun, durch ihn gewisse Durchschnitte legen und sich fragen, was man auf ihnen zu sehen bekommt. Zwar sachlich Neues hat man nicht zu erwarten, wohl aber Aufklärung und Anschauung, deren Wert man nicht hoch genug anschlagen kann.

Die wichtigsten Durchschnitte sind die, welche man mittels Ebenen erhält, welche die Hauptachse aufnehmen. Sie zerschneiden den Doppelkegel jedesmal in zwei Hälften und legen das Innere in Gestalt einer Raute bloß, die aus zwei gleichseitigen Dreiecken gebildet ist. Jedes dieser Dreiecke ist ein farbtongleiches, und die

beiden Farbtöne, welche vertreten sind, sind Gegenfarben. Tafel III stellt einen solchen „Hauptschnitt" mit den Farbtönen 33 und 83 dar.[1]

Sechstes Kapitel.

Die Messung der Farben.

Einführung von Maß und Zahl. Die bisherige Darstellung der Lehre von den bunten Farben beruht vollständig auf dem Begriff der Ordnung, während der der Größe noch keine Verwendung gefunden hat. Daß die Farben aber auch als Empfindungen für Maß und Zahl zugänglich sind, hat sich bei den unbunten Farben erwiesen. Hier konnte ein jedes Glied der unbunten Reihe völlig exakt durch seine Weiße, eine genau meßbare Größe, definiert werden. Und zwischen dieser physikalisch meßbaren Größe und der Empfindung der Helligkeit bringt das Fechnersche Gesetz eine zahlenmäßige Beziehung zuwege. Es fragt sich also, ob auch bei den bunten Farben ähnliche Gesetzmäßigkeiten sich aufstellen lassen.

Bis zum Jahre 1915 mußte diese Frage mit nein beantwortet werden. Es bestand nicht nur kein Mittel, die Farbtöne zu ordnen und zu messen, den Weiß- und Schwarzgehalt zu bestimmen, sondern auch über das, was gemessen werden sollte, waren falsche Ansichten allgemein verbreitet, welche jeden Versuch einer Farbenmessung grundsätzlich vereiteln mußten.

1 Auch hier haben die Grenzen der Drucktechnik nur eine unvollkommene Darstellung gestattet.

Gegenwärtig sind diese Verhältnisse von Grund aus anders geworden. Die wirklichen Elemente der Farben sind erkannt, und für jedes von ihnen sind Meßmethoden vorhanden, deren Genauigkeit die zur Zeit vorhandenen praktischen Bedürfnisse übertrifft. Die Farbenlehre hat damit ihre bis 1915 reichende qualitative Periode abgeschlossen und ist in die quantitative übergegangen.

Die Aufgaben. Es handelt sich hierbei um zwei Gruppen von Beziehungen. Zunächst muß die Stellung jedes Farbtons im Farbkreis ermittelt werden. Bisher kannte man nur ihre Reihenfolge, nicht aber ihren Ort. Die Farbtöne waren geordnet wie Perlen an einem zu weiten, geschlossenen Faden, die man hin und her schieben, enger und weiter stellen kann, wobei zwar ihre Reihenfolge gewahrt bleibt, ihr Ort aber beliebig ist. Sie müssen aber geordnet werden wie die Stunden- und Minutenzeichen auf dem Zifferblatt der Uhr, so daß jeder Farbton seine unverrückbare Stelle im Kreise hat. Das ist jetzt erreicht.

Zweitens müssen alle Farben gleichen Farbtons im farbtongleichen Dreieck (Fig. 7) gleichfalls ihren festen Ort bekommen. Auch hier war bisher kein Mittel vorhanden gewesen, solche Orte messend zu bestimmen; es fehlte sogar die Klarheit darüber, nach welchen Gesichtspunkten die trüben Farben (auch dieser Begriff war noch nicht herausgearbeitet) überhaupt zu ordnen sind. Zwar hatte ein hervorragender Forscher (Hering) die richtige Ordnung angegeben. Aber er hat die Verwendbarkeit dieser Ordnung zu Meßzwecken nicht nur nicht erkannt, sondern sogar ausdrücklich in Abrede gestellt. Die Mehrheit der Farbkundigen hielt an einer

anderen, von Helmholtz herrührenden Auffassung fest, welche sich zu einer brauchbaren Ordnung überhaupt nicht verwenden ließ, wie dies mehrere dahin gerichtete Versuche erfahrungsmäßig ergeben haben. So verwickelten sich die wenigen Forscher, welche eine Ordnung zu finden versuchten, in unlösbare Widersprüche.

Und doch sind die wirklichen Gesetze dieser Ordnung so einfach; viel einfacher, als jene ungeeigneten Annahmen. Es bewährte sich auch hier jener allgemeine Erfahrungssatz aus der Wissenschafts- und Kulturgeschichte: Auf das Einfachste kommt man zuletzt.

Farben gleichen Farbtons. Wenn man sich erinnert, wie verschieden das mit Schwarz verdunkelte Gelb von dem reinen Gelb aussieht (S. 66), so wird man vor allen Dingen die Frage stellen, wie man alle zu einem bestimmten Farbton gehörigen Farben erkennen kann. Ein allgemeines Verfahren dazu ist folgendes.

Mischt man auf der Drehscheibe zwei beliebige Farben, so entsteht eine Mischung, deren Farbton auf dem Farbkreise stets zwischen jenen beiden Farben liegt. Gleichzeitig fällt die Mischung trüber aus, als die Bestandteile sind, und zwar um so mehr, je ferner sie sich im Farbkreise stehen.

Nun gibt es zu jeder Farbe eine, die ihr auf dem Farbkreise gerade gegenüber liegt, die Gegenfarbe. Diese ist die fernste, denn geht man noch weiter, so kommt man ja der Ausgangsfarbe wieder näher. Hier versagt die Regel von der Mischfarbe, denn da die Entfernungen im Kreise rechts und links gleich sind, kann man nicht angeben, wo der Farbton der Mischfarbe

zu suchen ist. Auch ist hier der Höchstwert der Trübung zu erwarten.

Alle diese Besonderheiten lösen sich dahin auf, daß diese beiden Farben (bei richtigem Verhältnis der Anteile) überhaupt keine Buntfarbe geben, sondern neutrales Grau. Es gibt also für jeden Farbton einen und nur einen, mit welchem er sich zu neutralem Grau mischen läßt.

Nun bestehen von jedem Farbton unbegrenzt viele Abkömmlinge. Für jeden von ihnen gilt diese Bestimmung. Die verschiedenen Abkömmlinge werden im allgemeinen verschiedene Anteile der gleichen Gegenfarbe brauchen, damit Grau entsteht, aber nur sie sind fähig, mit ihr Grau zu geben. Alle anderen Farben geben bunte Gemische, die zwar dem neutralen Grau um so näher kommen, je näher sie der Gegenfarbe liegen, es aber nie erreichen.

Somit gilt die allgemeine Definition der Farben gleichen Farbtons: *Gleichen Farbton haben alle Farben, die mit einer bestimmten Farbe sich zu neutralem Grau mischen lassen.* Diese Farbe hat den Farbton der Gegenfarbe.

Damit haben wir die Möglichkeit gewonnen, erfahrungsmäßig beliebig viele Abkömmlinge eines bestimmten Farbtons aufzusuchen und herzustellen. Es tritt uns nun die Aufgabe entgegen, diese ungeordnete Masse zu ordnen. Das gelingt mit Hilfe einer einfachen und allgemeinen Gleichung, welche für die Farbenlehre dieselbe Bedeutung hat, wie das Ohmsche Gesetz für die Lehre von den elektrischen Strömen.

Die Grundgleichung. Die Grundlage aller Farbmessung ist die Gleichung

$$v + w + s = 1.$$

Hier bedeutet v = Vollfarbe, w = Weiß, s = Schwarz und die Gleichung besagt: Jede Farbe ist die Summe dreier Anteile, nämlich Vollfarbe, Weiß und Schwarz. Bringt man also auf die Drehscheibe drei geschlitzte Kreise, welche mit Vollfarbe, Weiß und Schwarz gefärbt sind, so kann man durch Verstellung der Anteile nach allen Verhältnissen jede Farbe vom Farbton der Vollfarbe herstellen.

Die Zahl 1 drückt aus, daß jede Farbe ihr Maß in sich trägt, also von anderen Maßstäben, wie Zentimeter, Gramm, Sekunde, ganz unabhängig ist.

Mißt man die drei Anteile in Hundertsteln (S. 47), so nimmt die Gleichung die Form an

$$v + w + s = 100.$$

Der Schwarzgehalt. Die Hauptgleichung geht für die dunkelklaren Farben, welche nur Vollfarbe und Schwarz, aber kein Weiß enthalten, in die einfachere Gestalt über $v + s = 1$, da $w = 0$ ist.

Um für eine gegebene dunkelklare Farbe die zugehörigen Werte zu bestimmen, ist offenbar nur eine Messung erforderlich. Denn kennt man z. B. v, so ist auch s bekannt, denn $s = 1 - v$. Ebenso ergibt sich $v = 1 - s$, wenn s bekannt ist.

Von beiden Größen läßt sich unmittelbar s bestimmen. Denkt man sich nämlich eine Karte, welche die fragliche Farbe hat, mit gleichfarbigem Licht beleuchtet, also z. B. eine rote Karte mit rotem Licht, so wird folgendes geschehen. Besteht die Farbe aus reiner

Vollfarbe, so wird alles auffallende Licht zurückgeworfen. Denn rot erscheint jede Fläche, welche rotes Licht zurückwirft, wirft sie alles rote Licht zurück, so erscheint sie rein rot. Legt man also eine rein weiße Karte neben die rein rote, so werden beide gleich hell erscheinen. Denn eine weiße Fläche wirft überhaupt alles Licht zurück, welches darauf fällt. Wird sie mit rotem Licht beleuchtet, so wirft sie alles rote Licht zurück. Dasselbe tut auch eine rein rote Fläche; folglich sehen beide gleich hell aus.

Ist aber die Karte nicht rein rot, sondern enthält ihre Farbe daneben Schwarz, so wird sie um so weniger rotes Licht zurückwerfen, je kleiner der rote und je größer der schwarze Anteil ist. Sie wird also dunkler aussehen als die daneben liegende weiße Karte. Ersetzt man diese aber durch abgestufte graue Karten, so wird es eine unter ihnen geben, die ebenso hell oder dunkel aussieht, wie die rote. Diese wirft offenbar ebensoviel Rot zurück wie die rote Karte.

Nun ist nur der weiße Anteil der grauen Karte fähig, rotes Licht zurückzuwerfen; der schwarze verschluckt es. Den weißen Anteil aber können wir messen; er stellt die wohlbekannte Weiße (S. 58) dar. Dieser weiße Anteil der grauen Karte, den wir kennen und mit h_1 bezeichnen wollen, ist ebenso groß wie der rote der roten Karte; also beträgt auch der rote Anteil h_1 oder es ist in der Gleichung $v + s = 1$ die Größe $v = h_1$ zu setzen. Damit ist die Aufgabe gelöst, denn wir haben

$$v = h_1$$
$$s = 1 - h_1.$$

Der Weißgehalt. Wir wiederholen die Betrachtung für eine hellklare Farbe; sie sei beispielsweise gleichfalls rot. In den hellklaren Farben gibt es kein Schwarz; wir haben also die Gleichung, da $s = 0$ ist,

$$v + w = 1.$$

Nun beleuchten wir die Karte mit Licht von der Gegenfarbe, also mit seegrünem Licht, wenn sie rot ist. Wäre sie rein rot, so würde sie vollkommen schwarz aussehen. Denn da sie nur rotes Licht zurückwerfen kann, solches in dem grünen Licht aber nicht vorhanden ist, so wirft sie gar kein Licht zurück, erscheint also schwarz.

Enthält ihre Farbe Weiß neben Rot, so kann sie so viel grünes Licht zurückwerfen, als sie Weiß enthält; sie wird also heller aussehen. Sucht man wieder jene graue Karte auf, welche in demselben Licht gleich hell erscheint, so enthalten beide gleich viel Weiß. Nennen wir h_2 die Weiße dieses Grau, so haben wir die Gleichung $v + h_2 = 1$, also $v = 1 - h_2$. Damit kennt man auch von dieser Farbe die Zusammensetzung, denn es ist

$$v = 1 - h_2$$
$$w = h_2.$$

Der allgemeine Fall. Nun gibt es in Aufstrichen weder vollkommen hellklare, noch vollkommen dunkelklare Farben. Jede wirkliche Farbe enthält sowohl Weiß wie Schwarz, gehört also streng genommen zu den trüben, wenn auch je nachdem der eine oder andere Teil recht klein gemacht werden kann. Die beschriebenen Fälle sind also ideale Grenzfälle, die nur betrachtet worden sind, um das Verständnis zu erleichtern.

Wir betrachten nunmehr eine rote Karte, welche neben Vollfarbe sowohl Schwarz wie Weiß enthält, einerseits in rotem, andererseits in seegrünem Licht, und stellen die grauen Farben mit den Weißen h_1 und h_2 fest, welche jeweils gleichhell aussehen. Dann haben wir folgende Beziehungen.

Für die rote Farbe gilt die allgemeine Gleichung

$$v + w + s = 1.$$

Im roten Licht wirft sowohl der rote wie der weiße Teil der Karte Rot zurück; daher ist h_1 gleich der Summe beider oder $v + w = h_1$.

Im grünen Licht wirft nur der weiße Anteil Grün zurück, denn sowohl der rote wie der schwarze verschlucken es; somit gilt $w = h_2$.

Vereinigt man diese beiden Gleichungen mit der Hauptgleichung $v + w + s = 1$, so kann man alle drei Größen v, w und s in den gemessenen Werten h_1 und h_2 ausdrücken. Es ist nämlich

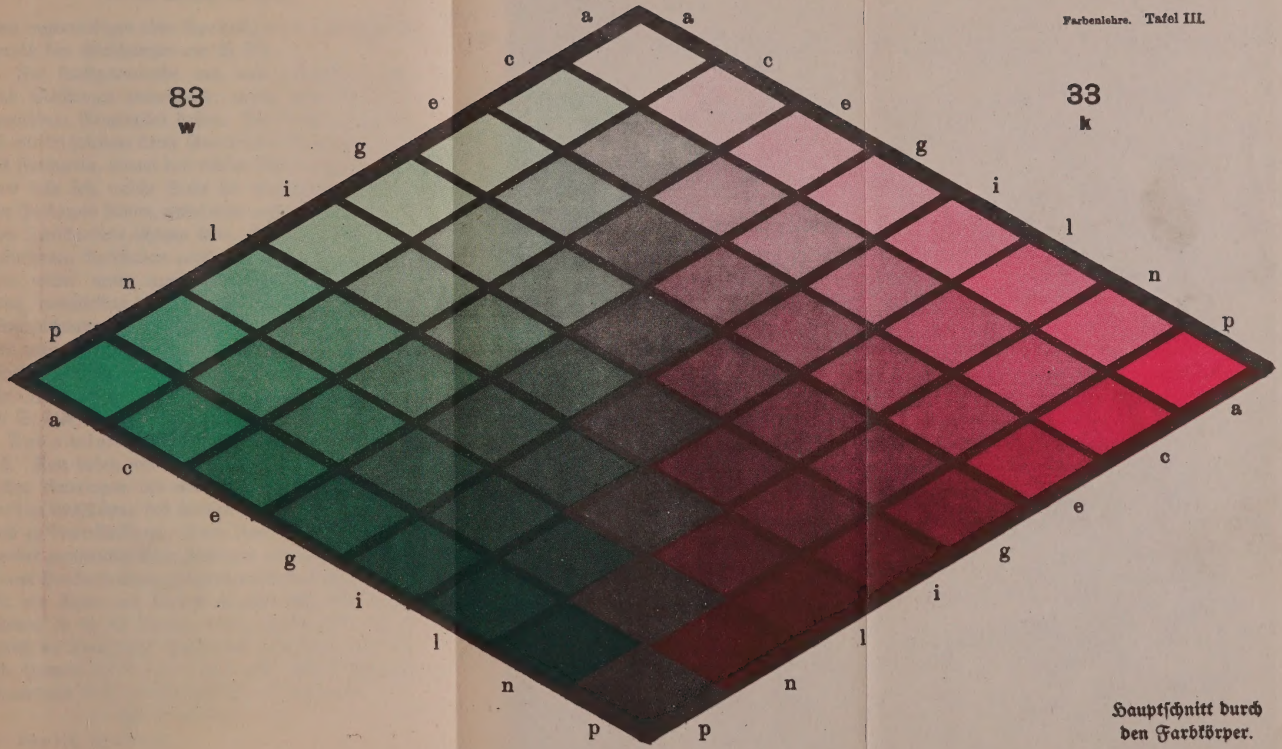
$$v = h_1 - h_2$$
$$w = h_2$$
$$s = 1 - h_1.$$

Damit ist die Aufgabe, die Gehalte an Vollfarbe, Weiß und Schwarz zu messen, allgemein gelöst. Der Weißgehalt der Farbe ist gleich der Weiße h_2 des gleichhellen Grau im Licht der Gegenfarbe. Ihr Schwarzgehalt ergibt sich aus der Weiße h_1 des gleichhellen Grau im Licht der gleichen Farbe, wenn man dessen Betrag von 1 (bzw. 100, wenn man ihn in Hundertsteln ausdrückt) abzieht. Und der Anteil Vollfarbe ist gleich dem Unterschied beider Weißen $h_1 - h_2$.

Die Lösung ist ein wahres Kolumbusei. Sie sieht so natürlich und selbstverständlich aus, nachdem man sie einmal begriffen hat, daß man nicht recht verstehen kann, wie die Welt darauf bis zum Jahre 1915 hat warten müssen. Es ist wohl auch nicht die Schwierigkeit der Gedankenbildung an sich gewesen, welche die Verzögerung bewirkt hat; es waren vielmehr die falschen Ansichten, die bisher dort herrschten, deren Forträumung so große Schwierigkeiten gemacht hat.

Praktische Ausführung. Es kommt sachlich auf dasselbe heraus, ob man, wie beschrieben, bei den Versuchen mit rotem oder grünem, allgemein buntem Licht die Flächen beleuchtet und sie mit bloßem Auge betrachtet, oder ob man die Beleuchtung mit weißem Licht bewerkstelligt und vor das Auge ein rotes oder grünes, allgemein buntes Glas nimmt. In der praktischen Ausführung ist aber das zweite Verfahren viel bequemer. Man stellt sich also eine Anzahl geeigneter „Lichtfilter" her, wie man solche Gläser nennt, welche nur ganz bestimmte, vorgeschriebene Lichtarten durchlassen, indem man gefärbte Gelatine auf Glasplatten vergießt und nach dem Trocknen mit Kanadabalsam Schutzgläser auffittet; auch ist es zuweilen nötig, mehrere gefärbte Schichten zu verkitten.

Die Graustufen werden nebeneinander auf einen langen Träger aufgeklebt und so die Probe entlang bewegt, daß man leicht und genau die gleichhelle Stufe aufsuchen kann, während man durch das Lichtfilter blickt. Für jede Messung müssen zwei Bestimmungen gemacht werden. Die eine mit dem gleichfarbigen oder Paßfilter ergibt den Schwarzgehalt, die andere mit



Hauptschnitt durch den Farbkörper.

83

dem gegenfarbigen oder Sperrfilter den Weißgehalt gemäß den Gleichungen auf S. 78.

Für kunstgewerbliche und viele technische Zwecke sind Messungen ausreichend, welche nicht die höchst erreichbare Genauigkeit haben. Für solche genügt die S. 60 beschriebene kleine Grauleiter. Man legt sie auf die Farbprobe, nimmt das richtige Filter vor das Auge und stellt fest, welche Stufe der Grauleiter mit der Farbprobe stimmt, wobei man noch leicht eine Zwischenstufe schätzen kann. Die gefundenen Buchstaben ergeben, wie weiter unten gezeigt wird, unmittelbar die Kennzeichnung der vorgelegten Farbe, nämlich ihr Farbzeichen (s. S. 102).

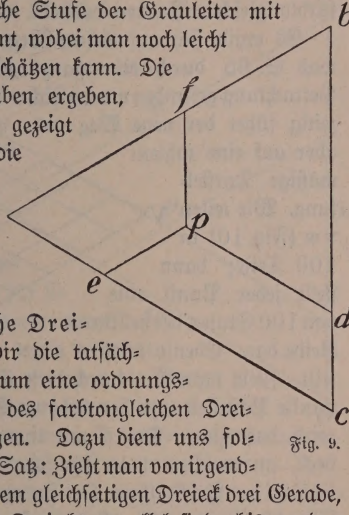


Fig. 9.

Das analytische Dreieck. Nun haben wir die tatsächlichen Unterlagen, um eine ordnungsmäßige Ausfüllung des farbtongleichen Dreiecks zu bewerkstelligen. Dazu dient uns folgender geometrische Satz: Zieht man von irgendeinem Punkte in einem gleichseitigen Dreieck drei Gerade, die den Seiten des Dreiecks parallel sind, bis zu den Seiten, so ist die Summe dieser drei Strecken immer gleich der Dreieckseite. Im Dreieck vws (Fig. 9) ist also die Summe pd + pe + pf = ab. Macht man die Dreieckseite = 1, so gilt auch für die Summe

$$pd + pe + pf = 1.$$

Diese Gleichung stimmt der Form nach ganz mit der Hauptgleichung $v + w + s = 1$ überein. Daraus folgt, daß man die Werte v, w und s durch jene drei Strecken darstellen kann, mit dem Ergebnis, daß durch die Gesamtheit der Punkte im Dreieck alle möglichen Zusammenstellungen von v, w, s dargestellt werden, daß also das Dreieck die Gesamtheit aller möglichen farbtongleichen Farben darstellt.

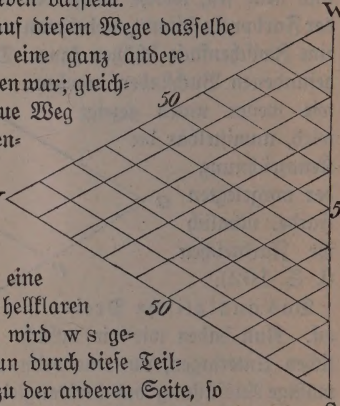


Fig. 10.

Es ergibt sich auf diesem Wege dasselbe was S. 65 durch eine ganz andere Betrachtung gefunden war; gleichzeitig führt der neue Weg aber auf eine zahlenmäßige Darstellung. Wir teilen vw (Fig. 10) in 100 Teile; dann stellt jeder Punkt eine von 100 Stufen der hellklaren Reihe dar. Ebenso wird ws geteilt. Zieht man nun durch diese Teilpunkte Parallelen zu der anderen Seite, so wird das ganze Dreieck mit einem Netz bedeckt, an welchem man für jede Zusammensetzung der Farbe ihren Ort finden kann. In Fig. 10 ist nur jede zehnte Linie gezeichnet. Auf der Seite vw bedeuten diese Teilpunkte die Mischungsverhältnisse zwischen Vollfarbe und Weiß, und zwar den weißen Anteil, wenn man 00 nach v und 100 nach w legt. Auf der Linie vs bedeuten sie die Mischungsverhältnisse zwischen Vollfarbe und Schwarz. Und zwar

setzen wir 00 nach v und 100 nach s, so daß die Zahlen den schwarzen Anteil bedeuten.

Will man den Ort einer Farbe wissen, die z. B. 20 Weiß und 30 Schwarz (also daneben 50 Vollfarbe) enthält, so suchen wir auf vw den Punkt 20, auf vs den Punkt 30 auf und ziehen von beiden Punkten ab die Linien ins Dreieckinnere, die den Seiten vs und vw parallel laufen. Wo sie sich in p treffen, liegt der gesuchte Punkt p (Fig. 11).

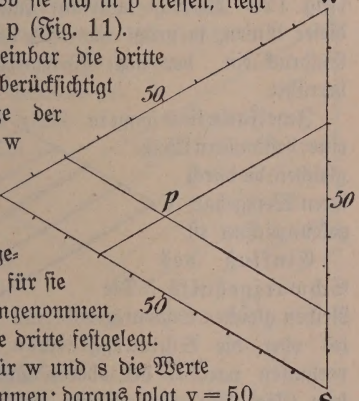


Fig. 11

Hierbei ist scheinbar die dritte Größe v gar nicht berücksichtigt worden. Vermöge der Hauptgleichung v + w + s = 100 können aber nur zwei von diesen drei Größen frei gewählt werden; sind für sie bestimmte Werte angenommen, so ist damit auch die dritte festgelegt. Wir haben oben für w und s die Werte 20 und 30 angenommen; daraus folgt v = 50 und ein anderer Wert für v ist ausgeschlossen.

Wir hätten auch mit dem Paar vw oder vs arbeiten können, statt mit ws, wie geschehen. Es hätte sich dabei eine ganz ähnliche Konstruktion ergeben. Weil aber bei der seelischen Wirkung der Farbe sich der Weiß- und Schwarzgehalt als der wichtigere erweist gegenüber dem Gehalt an Vollfarbe oder der Reinheit, so ist von vornherein hierauf Rücksicht genommen worden.

Einfluß des Weißgehalts auf das Aussehen der Farben. Der Weißgehalt bestimmt das, was man bisher ziemlich unbestimmt die Tiefe der Farbe genannt hat, indem eine Farbe um so tiefer ist, je weniger Weiß sie enthält. In dem farbtongleichen Dreieck verlaufen die Linien gleichen Weißgehaltes, die Weißgleichen, parallel der unteren Dreieckseite (Fig. 12). Verfolgt man auf Tafel III einige dieser Linien, so prägt man sich bald den Eindruck ein, der vom Weißgehalt herrührt.

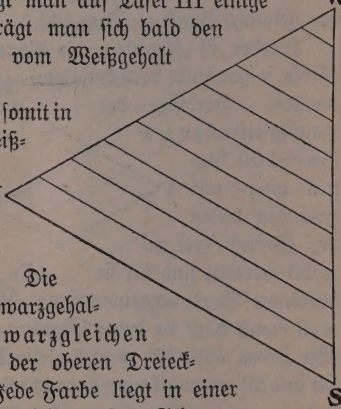


Fig. 12.

Jede Farbe liegt somit in einer bestimmten Weißgleichen, die durch ihren Weißgehalt gekennzeichnet ist.

Einfluß des Schwarzgehalts. Die Reihen gleichen Schwarzgehaltes oder die Schwarzgleichen verlaufen parallel der oberen Dreieckseite (Fig. 13). Jede Farbe liegt in einer bestimmten Schwarzgleichen. Der Schwarzgehalt bestimmt die von den Malern Trübung oder Verschmutzung genannte Eigenschaft der Farben, wie man erkennt, wenn man einige schwarzgleiche Reihen auf der Tafel III durchläuft. Die oberste, hellklare Reihe sieht am reinsten aus (obwohl die optische Reinheit, d. h. der Gehalt an Vollfarbe nach Weiß hin zunehmend kleiner wird) und je tiefer die Schwarzgleiche liegt, um so trüber, d. h. schwärz-

licher werden die Farben. — Hat man sich diese Kennzeichen gemerkt, so lernt man bald, den Weiß- und Schwarzgehalt vorgelegter Farben annähernd abschätzen.

Das logarithmische Dreieck. Wenn man ein farbtongleiches Dreieck in der vorstehend beschriebenen Weise mit den entsprechenden Farben besetzt, so macht sich der gleiche Nachteil geltend, wie er S. 58 für die Besetzung der unbunten Reihe der Weißen mit grauen Farben aufgetreten war. Die hellen Farben nehmen einen viel zu großen Raum ein, und die dunklen, bei denen wir eine sehr große Mannigfaltigkeit leicht unterscheiden können, werden in die Ecke gedrängt und können sich nicht entwickeln.

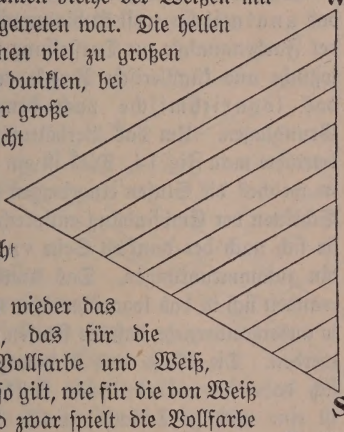


Fig. 13.

Die Ursache ist wieder das Fechnersche Gesetz, das für die Mischungen von Vollfarbe und Weiß, bzw. Schwarz ebenso gilt, wie für die von Weiß und Schwarz. Und zwar spielt die Vollfarbe gegenüber Weiß die Rolle des Schwarz, gegenüber Schwarz die Rolle des Weiß (S. 69).

Man erhält eine Einteilung, bei welcher gleichen Stufen der Empfindung gleiche Strecken im Dreiecksfelde entsprechen, wenn man ähnlich wie bei der Weiß-Schwarz-Reihe die Abstände logarithmisch anordnet (S. 59). Dadurch wird die Dreiecksfläche an der dunklen Seite, die längs vs liegt, entsprechend ausgereckt.

Ebenso, wie bei der logarithmischen Graulinie der Schwarzpunkt theoretisch in die Unendlichkeit rückte, wandert hier die ganze Seite vs ins Unendliche, zum Zeichen dafür, daß vollkommen dunkelklare Farben nicht herstellbar sind (S. 68). Jede wirkliche Farbe aber liegt noch im Endlichen, selbst wenn sie sich dem dunkelklaren Ideal tunlichst annähert.

Wir nennen das zuerst (S. 64) beschriebene Dreieck das analytische, weil es die unmittelbaren Ergebnisse der Farbenanalyse zur Darstellung bringt. Für psychologische und künstlerische Zwecke ersetzen wir es durch das logarithmische nach den eben angegebenen Grundlagen. Um das Verhältnis beider zu erfassen, betrachte man Fig. 14. Dies ist ein analytisches Dreieck, in welches die Stufen eingetragen sind, welche gleichen Schritten der Empfindung entsprechen. Man sieht, wie sie sich nach der dunklen Seite vs und nach der Ecke s hin zusammendrängen. Das analytische Dreieck verwandelt sich in das logarithmische, wenn man es bei vs so auseinanderzieht, daß die Stufen alle gleich abständig werden. Die Weiß- und Schwarzgleichen verschieben sich dabei parallel ihrer früheren Lage. Dies ist eine wichtige Tatsache, welche besonders betont zu werden verdient.

Eine Schwierigkeit und ihre Beseitigung. Im analytischen Dreieck wurde der Schwarzgehalt an der Seite vs gemessen (S. 64). Da aber im logarithmischen Dreieck gerade diese Seite ins Unendliche rückt, kann man dort die Messung nicht ausführen. Um sie zu ermöglichen, ist folgendes zu beachten.

Man findet (Fig. 11, S. 83) den gesuchten Punkt

auch von der Seite ws aus, wenn man die Teilung dort anbringt und von dem dort abgelesenen Wert aus die Parallele zu v w zieht; es ergibt sich dieselbe Linie. Nur ist zu beachten, daß für diesen Zweck auf ws nicht die Werte der Weißen, sondern der Schwärzen einzutragen sind; in w muß also 00, in s 100 stehen.

Beziffert man in solcher Weise die Teilungen auf wv und ws im logarithmischen Dreieck, so kann man unmittelbar für jede herstellbare Farbe den Ort konstruieren.

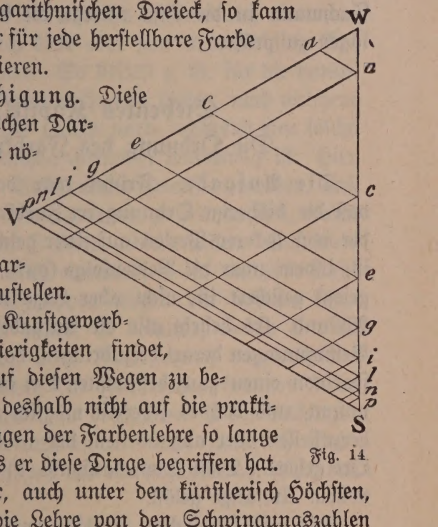


Fig. 14

Zur Beruhigung. Diese etwas umständlichen Darlegungen waren nötig, um die wissenschaftlichen Grundlagen dieses Teils der Farbenlehre klarzustellen. Der Künstler und Kunstgewerbler, der Schwierigkeiten findet, den Verfasser auf diesen Wegen zu begleiten, braucht deshalb nicht auf die praktischen Anwendungen der Farbenlehre so lange zu verzichten, bis er diese Dinge begriffen hat. Wieviel Musiker, auch unter den künstlerisch Höchsten, gibt es, denen die Lehre von den Schwingungszahlen in reiner, temperierter und halbtemperierter Stimmung vollkommen geläufig ist? Ihre Kunst ist jedenfalls von dieser Kenntnis nicht abhängig. Wohl aber müssen die Theoretiker der Musik hier vollkommen zu Hause sein. Ebenso verhält es sich mit der Farbenlehre. Der

Praktiker kann und wird sich begnügen, von den Ergebnissen dieser Betrachtungen (die allerdings von grundlegender Wichtigkeit für die Praxis sind) Gebrauch zu machen, indem er die wissenschaftliche Begründung auf Treu und Glauben übernimmt. Treu und Glauben müssen aber erworben und gesichert sein. Für diesen Zweck dient die wissenschaftliche Ableitung, welche jeden Fachmann in die Lage versetzt, die benutzten Grundlagen zu prüfen.

Siebentes Kapitel.

Die Ordnung des Farbkreises.

Die Aufgabe. Früher war dargelegt worden, daß die bisherige Ordnung im Farbkreise vergleichbar der von lockeren Perlen auf einer geschlossenen Schnur ist, indem zwar die Reihenfolge (durch das Stetigkeitsgesetz) gesichert ist, nicht aber Lage und gegenseitiger Abstand. Es besteht also die Aufgabe, diese fehlenden Bestimmungen derart beizubringen, daß schließlich jeder Farbton einen ganz bestimmten Ort im Farbkreise einnimmt, und daß es jederzeit möglich ist, den Farbton herzustellen oder aufzuweisen, der an einen bestimmten Ort gehört. Diese Doppelaufgabe ist gegenwärtig in vollem Umfange gelöst.

Die willkürlichen Festsetzungen. Zur Lösung derartiger Aufgaben gibt es im allgemeinen zwei ganz verschiedene Wege. Man kann entweder aus den Eigenschaften und Gesetzen des betreffenden Gebiets die Ordnung ableiten und hat dann eine natürliche Ordnung, die im günstigsten Falle ganz eindeutig ist. So

bilden z. B. die Abkömmlinge eines Farbtons gemäß den Darlegungen des vorigen Kapitels nach ihrer Zusammensetzung eine Gruppe, deren natürliche Ordnung durch die Zahlenwerte ihres Weiß- und Schwarzgehalts bzw. deren Logarithmen gegeben ist.

Oder die Ableitung einer natürlichen Ordnung ist nicht möglich, weil die erforderlichen Gesetze fehlen. Dann muß eine *willkürliche* Bestimmung eintreten, die gewöhnlich durch diese oder jene nebensächliche Beziehung bedingt wird. So besteht z. B. für die natürliche unbegrenzte Zahlenreihe kein Gesetz, nach welchem sie in endliche Stücke zerlegt wird, während eine solche Teilung aus praktischen Gründen notwendig ist. Hier ist die willkürliche Bestimmung getroffen worden, daß die Zahlen nach *Zehner*gruppen zu ordnen sind, wobei die zehn Finger als Vorbild gedient haben. Daß diese willkürliche Wahl nicht einwandfrei ist, und eine Ordnung nach Zwölfergruppen wegen der besseren Teilbarkeit vorzuziehen wäre, ist bekannt; ebenso sind es die Schwierigkeiten, diese Verbesserung vorzunehmen.

Bei der Ordnung des Farbkreises kommen beide Fälle vor. Willkürlich zu bestimmen ist der Anfangspunkt und der Fortschrittsinn. Eine natürliche Ordnung läßt sich dagegen für die Abstände der Farbtöne aufstellen.

Anfangspunkt. Ebenso wie man eine Kreisteilung von jedem Punkte der Kreislinie beginnen kann, lassen sich auch die Farbtöne des Farbkreises von jedem Punkte ab zählen. Da aber die Farbtöne verschieden sind (während die Punkte der Kreislinie es nicht sind), so ist es möglich, aus ihrer Beschaffen-

heit einen Anhaltspunkt zur Lösung der Aufgabe zu gewinnen.

Läßt man das Auge über einen Farbkreis (Tafel II) fortlaufen, so erkennt man alsbald einen hellsten Ort im ersten Gelb und einen dunkelsten bei Ublau. Gleichzeitig kann man feststellen, daß man beim Gelb das erste Auftreten des Grün einerseits, des Kreß andererseits mit größerer Genauigkeit erkennen kann, als die entsprechenden Farbtonänderungen an den anderen Stellen des Kreises. Beide Umstände sprechen dafür, den Nullpunkt des Farbkreises auf das erste Gelb zu legen, das weder grünlich noch rötlich ist.

Nachdem dieser Vorschlag 1915 gemacht worden war, hat sich inzwischen kein Widerspruch erhoben, so daß er als angenommen gelten darf.

Der Fortschrittsinn. Vom ersten Gelb können wir entweder nach Kreß oder nach Grün fortschreiten. Die Frage, welche Richtung wir wählen sollen, muß gleichfalls willkürlich entschieden werden, da naturgesetzliche Gründe nicht aufweisbar sind.

Die Entscheidung ist dahin gefallen, daß der Fortschritt nach der roten Seite stattfinden soll. Der Anlaß dazu ist der Umstand gewesen, daß auf diesem Wege zunächst die kressen, roten und veilen Farben erreicht werden, welche einen lebhafteren Eindruck machen, als die grünen und blauen der anderen Seite. Die Maler unterscheiden die ersten längst als die warmen Farben von den anderen, den kalten.

Auch gegen diese Bestimmung ist Widerspruch nicht erhoben worden. Demgemäß beginnt der Farbenkreis (wie die Uhr) oben mit dem ersten Gelb und geht rechts

herum über Kreß, Rot, Veil, Blau, Grün wieder nach Gelb zurück.

Die Gegenfarben. Ein weiteres Hilfsmittel der Ordnung im Farbtonkreise haben wir in den Gegenfarben (S. 74), die durch ihre Fähigkeit, sich optisch zu Neutralgrau zu mischen, ganz genau definiert sind. Wir bestimmen, daß zwei Gegenfarben sich im Farbkreise immer genau gegenüberstehen, also an den beiden Enden je eines Durchmessers angebracht werden sollen.

Hierdurch wird folgendes erreicht. Sind die Farbtöne in einer Hälfte des Farbkreises irgendwie geordnet, so ist dadurch auch die Ordnung der anderen Hälfte eindeutig festgestellt, wie man alsbald erkennt, wenn man die Durchmesser zieht und die Gegenfarben anbringt. Es ist also nur noch nötig, den halben Farbtonkreis zu ordnen.

Der Grundsatz der inneren Symmetrie. Die angestrebte Festlegung jedes einzelnen Farbtons ergibt sich als Folge eines „selbstverständlich" erscheinenden Grundsatzes, der aber trotz dieser Selbstverständlichkeit bisher weder ausgesprochen, noch auch unbewußt angewendet worden war. Er lautet: Mischt man zwei Farben des Farbkreises zu gleichen Teilen, so gehört die entstehende Mischfarbe in die Mitte zwischen den Teilfarben.

Man würde tatsächlich in Verlegenheit geraten, wenn man sagen sollte, wo denn anders als in der Mitte die Mischfarbe unterzubringen wäre. Die Schwierigkeit, welche bisher die Aufstellung des Satzes verhinderte, liegt denn auch an ganz anderer Stelle, nämlich in den Worten: zu gleichen Teilen. Damit können

offenbar nicht die zufälligen Vertreter der beiden Farbtöne gemeint sein, die man für irgendeinen ausgeführten Farbkreis benutzt hat. Denn deren Reinheit kann jeden Wert haben, und von der Reinheit hängt der Farbton der Mischung ab. Vielmehr kann nur gemeint sein, daß zwei Farben gleicher Reinheit gemischt werden, oder bei ungleicher Reinheit solche Mengen, die im umgekehrten Verhältnis der Reinheit stehen. Es sind mit einem Wort gleiche Anteile Vollfarbe zu mischen, um den in der Mitte liegenden Anteil zu bestimmen.

Daraus ergibt sich denn auch der Grund dafür, daß ein solcher Gedanke bisher nicht erwogen wurde. Es bestand keine Möglichkeit, die Voraussetzung zu erfüllen, da weder die additive Zusammensetzung aller Farben aus Vollfarbe, Weiß und Schwarz bekannt war, noch ein Verfahren, diese Anteile zu bestimmen. Erst die im vorigen Kapitel beschriebene allgemeine Analyse der Farben hat die Ordnung der Farbtöne möglich gemacht.

Daß im übrigen der Grundsatz hinreicht, um die Einteilung durchzuführen, ergibt sich bei näherer Überlegung auf vielerlei Weise. Nimmt man willkürlich zwei (ziemlich naheliegende) Farben a und b an, deren Abstand als vorläufige Einheit dienen soll, so kann man die Farbe c aufsuchen, welche b ergibt, wenn sie mit a zu gleichen Teilen gemischt wird. Ebenso kann man eine weitere Farbe d ermitteln, welche mit b die Mischung c ergibt usw. Auf solche Weise kann man offenbar gleichabständige Punkte um den ganzen Farbkreis feststellen, ebenso wie man mit dem Zirkel gleichabständige Punkte auf der Kreislinie abstechen kann.

Man braucht dann nur das eben beschriebene Verfahren auf die wohlbekannten Methoden der Kreisteilung zu übertragen, um jede Aufgabe der Farbkreisteilung ausführen zu können.

Mischung. Da für diesen Gedankengang der Begriff der Mischung wesentlich ist, soll hier das Nötige über ihn gesagt werden.

Der Maler denkt bei dem Worte Mischung unwillkürlich an das Verfahren, das er unaufhörlich ausübt, nämlich die Mischung der Farbstoffe. Der Farbforscher aber denkt an die sogenannte optische oder additive Mischung, wie sie z. B. auf der Drehscheibe zustande kommt. Beide ergeben zwar insofern Gleiches, als jedesmal die Farbtöne der Mischungen zwischen denen der Bestandteile liegen. Es können also alle zwischenliegenden Farbtöne durch Abstufung der beiderseitigen Mengen hergestellt werden.

Damit hört aber auch die Ähnlichkeit auf. Die Reinheit der entstehenden Farbe, ihr Weiß- und Schwarzgehalt ist in beiden Fällen außerordentlich verschieden. Und auch die Gegenfarben, d. h. die Farben, aus denen man neutrales Grau ermischen kann, sind unter Umständen deutlich verschieden, wenn auch im großen und ganzen annähernde Übereinstimmung besteht.

Am gegensätzlichsten sind folgende Fälle. Nimmt man zwei bunte Gläser, etwa ein rotes und ein seegrünes, läßt durch jedes für sich Licht treten und läßt beide Lichter auf dieselbe Stelle eines Schirms fallen, so vereinigen sich beide zu weißem Licht. Läßt man dagegen dieselbe Lichtmenge durch beide Gläser hintereinander treten, so verschluckt das grüne Glas voll-

ständig das rote Licht, das aus dem ersten kommt, und die Mischung ergibt Schwarz. Man kann also aus denselben Bestandteilen Weiß oder Schwarz ermischen, je nach der Anordnung.

Da bei der ersten Anordnung sich die Lichter summieren oder addieren, so nennt man die Mischung die additive. Die andere heißt die subtraktive, weil dort sich die Lichter gleichsam subtrahieren.

Für die vorliegenden Fragen kommt nur die additive Farbenmischung in Betracht. Hier kann man noch die vollständige und die anteilige unterscheiden. Der erstbeschriebene Versuch mit den beiden Lichtern, die auf dieselbe Stelle fallen, ergibt die vollständige additive Mischung. Mische ich dagegen zwei Farben auf der Drehscheibe, so entsteht zwar auch eine additive Mischung. Aber wenn ich die eine Farbe vermehren will, muß ich die andere um ebensoviel vermindern, da beide nebeneinander die Kreisscheibe ausfüllen. Hier liegt anteilige additive Mischung vor. Diese ist für uns die wichtigste.

Was nun die Vermischung von Farbstoffen anlangt, so entsteht bei dieser, wie eine genaue Untersuchung der Einzelheiten ergibt, additive anteilige und subtraktive Mischung gleichzeitig und nach Verhältnissen, die von vielen veränderlichen Umständen abhängen. Es ist daher bis jetzt noch nicht möglich gewesen, die Gesetze dieser Mischungen auf einfache Form zu bringen. Wohl aber ist dies bei der additiven Mischung gelungen, die auch deshalb als die Mischung schlechthin angesehen werden muß. In dieser Schrift ist daher immer die additive Mischung gemeint, wenn das Wort ohne zusätzliche Erläuterung gebraucht wird.

Die Teilung des Farbtonkreises. Ehe der oben (S. 49) angedeutete Plan zur Herstellung einer Farbtonkreisteilung Gestalt gewinnt, muß noch die Frage entschieden werden, welche Punkte des stetigen Kreises festgelegt werden sollen.

Nach dem allgemeinen Grundsatz der Zehnerordnung kommt für den Kreis nur eine Teilung in 10, 100, 1000 usw. Punkte in Frage. Nun kann man unter günstigsten Umständen 400—500 Farbtöne unterscheiden; kleinere Stufen fallen unter die Unterschiedsschwelle. Somit sind 1000 Punkte zweifellos zu viel, 100 dagegen recht, weil man keinen Grund hat, bis an die letzte Schwelle zu gehen. Wir setzen also fest, daß unser Farbtonkreis 100 verschiedene Farbtöne enthalten soll, indem auf dem stetigen Kreise 100 gleichabständige Punkte bestimmt werden, die mit 00 bis 99 zu bezeichnen sind.

Alsdann beginnen die 4 Urfarben mit je 25 Punkten Abstand: Gelb bei 00, Rot bei 25, Ublau bei 50 und Seegrün bei 75.

Diese Teilung ist für rein wissenschaftliche Zwecke ganz brauchbar. Für praktische Zwecke hat sie den großen Nachteil, daß schon bei den 8 Hauptfarben für jede zweite Brüche auftreten, da 100 sich nicht restlos durch 8 teilen läßt. Noch leidiger ist der Mangel des Faktors 3, der für die praktische Anwendung unentbehrlich ist. Nachdem längere Zeit jene Hundertteilung in Gebrauch gewesen war, haben sich ihre Nachteile so stark geltend gemacht, daß sie für den täglichen Gebrauch durch eine andere ersetzt werden mußte, welche jene Mängel nicht besitzt.

Die neue Teilung beruht zunächst auf den 8 Hauptfarben. Da ferner die Harmoniefrage den Teiler 3 notwendig macht, ist jeder der 8 Teile des Farbtonkreises noch in drei Stufen geteilt worden, was 24 Farbtöne ergibt. Diese haben sich bei mehrjährigem Gebrauch als so angemessen erwiesen, daß sie unbedingt beibehalten werden müssen. Eine feinere Einteilung kommt nur selten, z. B. bei Einstellungsarbeiten in Frage. Hier bietet sich die Einführung der nächsten Grundzahl 5 bzw. 10 logischerweise an. Damit kommt man auf 120 bzw. 240 Punkte, d. h. man kommt der Schwelle so nahe, daß eine weitere Unterteilung in absehbarer Zeit nicht nötig werden wird.

Die 24 Farben, die sich aus der Drittelung der 8 Hauptfarben ergeben, werden zweckmäßig erstes, zweites, drittes Gelb, Kreß, Rot usw. genannt. Dadurch kann man sie leicht auswendig lernen. Zu ihrer Bezeichnung dienen die Zahlen 1 bis 24, denen man im Falle der Unterteilung einen einstelligen Dezimalbruch zufügt. Faßt man alles Gesagte zusammen, so gelangt man zu der nachstehenden Übersicht, wo die abgerundeten Zahlen der Hundertteilung in Klammern gesetzt sind:

	Erstes	Zweites	Drittes
Gelb	1 (00)	2 (04)	3 (08)
Kreß	4 (13)	5 (17)	6 (21)
Rot	7 (25)	8 (29)	9 (33)
Veil	10 (38)	11 (42)	12 (46)
Ublau	13 (50)	14 (54)	15 (58)
Eisblau	16 (63)	17 (67)	18 (71)
Seegrün	19 (75)	20 (79)	21 (83)
Laubgrün	22 (88)	23 (92)	24 (96)

Während bisher die eingeklammerten Zahlen der Hundertteilung des Farbtonkreises im Gebrauch waren, werden sie von nun ab durch die Nummern des 24-teiligen Kreises ersetzt werden, da diese die Normen (S. 116) der Farbtöne darstellen.

Ausführung und Überwachung. Die wirkliche Ausführung einer Farbtonkreisteilung auf der beschriebenen Grundlage ist eine mühsame und langwierige Arbeit, durchaus vergleichbar mit der Herstellung der Mutterteilung einer Kreisteilmaschine, die, wie man weiß, an die Geschicklichkeit und Geduld des Ausführenden hohe Anforderungen stellt. Sie soll deshalb auch hier nicht im einzelnen beschrieben werden, zumal das gleiche Verhältnis zwischen dem Künstler oder Kunstgewerbler und dieser Aufgabe besteht, wie zwischen dem Astronomen und dem Mechaniker. Auch der Astronom begnügt sich mit allgemeinen Aufklärungen über das Verfahren der Kreisteilung und überläßt die praktische Ausführung dem Mechaniker. Ebenso wird sich der Künstler mit der allgemeinen Einsicht in das Wesen der Farbkreisteilung begnügen, sich im übrigen aber der eingeteilten und gemessenen Farben (Aufstriche oder Tünchen) bedienen, die ihm von sachverständiger Seite geliefert werden.

Allenfalls wird er auf einer späteren Entwicklungsstufe der Angelegenheit es wünschenswert finden, daß eine Stelle öffentlichen Vertrauens mit der Aufgabe befaßt wird, die gelieferten Farben einer angemessenen Prüfung zu unterziehen, damit er dauernd ihrer Richtigkeit versichert sein kann. Damit dies jederzeit geschehen kann, ist die erstmalig hergestellte Farbkreisteilung durch

genaue Messungen an die Wellenlängen des Lichts angeschlossen worden. Dadurch ist man jederzeit in den Stand gesetzt, dieselben Farben auf optischem Wege herzustellen, mit denen die Farben des Farbkreises verglichen worden sind, so daß eine dauernde Kontrolle und eine vollkommene Sicherheit gegen allmähliche Änderungen gewonnen worden ist.

Helligkeit der Farben. Die Betrachtung eines Farbkreises Tafel II ergibt unmittelbar, daß die verschiedenen Farben verschieden hell sind. Gelb ist, wie erwähnt, die hellste Farbe. Von dort nimmt die Helligkeit über Kreß nach Rot ab, wo sie ziemlich gleich bleibt; dann kommt im Veil wieder ein schnelles Dunklerwerden. Bei Ublau ist die größte Dunkelheit erreicht. Eisblau wird schnell heller, Seegrün bleibt annähernd gleich mittelhell und Laubgrün hellt sich schnell bis Schwefelgelb auf.

Was zunächst auf Grund ungefährer Schätzungen angegeben wurde, läßt sich wissenschaftlich genau messen. Zwar ist es zunächst nicht ganz leicht, zu einer bunten Farbe ein bezüglich ihrer Helligkeit gleiches Grau festzustellen, worauf immer eine solche Messung beruht. Aber die Schwierigkeit läßt sich überwinden und die Messungen fallen dann nicht viel weniger genau aus als bei unbunten Farben.

Nun hängt die Helligkeit nicht allein vom Farbton ab. Jede wirkliche Farbe ist ein Gemisch aus reiner oder Vollfarbe und Grau, und ihre Helligkeit setzt sich aus der der Vollfarbe und der des Grau nach Maßgabe des Mischungsverhältnisses zusammen. Da man aber dies Mischungsverhältnis und die Helligkeit

des beigemischten Grau unabhängig feststellen kann, so läßt sich die Helligkeit der Vollfarbe berechnen. Sie hat für die 8 Hauptfarben folgende Werte

Farbton	Helligkeit	Farbton	Helligkeit
Gelb	90	Ublau	10
Kreß	54	Eisblau	46
Rot	36	Seegrün	64
Veil	25	Laubgrün	75

Die Helligkeiten der Gegenfarben ergänzen sich zu 100.

Achtes Kapitel.

Die Bezeichnung der Farben.

Die Kennzahl. Eine Farbe ist vollständig gekennzeichnet, wenn man ihren Farbton, ihren Weiß- und ihren Schwarzgehalt angibt. Statt der beiden letzten Werte w s kann man auch eines der Paare v w und v s angeben, doch ist bereits gesagt worden, daß das erste Paar das geeignetste ist.

Jeder dieser Werte wird wissenschaftlich durch eine zweizifferige Zahl dargestellt, die von 00 bis 99 gehen kann. Beim Weiß- und Schwarzgehalt besteht die Beschränkung, daß die Summe 100 nicht erreichen darf. Beträgt sie 100, so zufolge der Hauptgleichung $v = 0$, d. h. es ist keine Vollfarbe vorhanden und die Farbe ist unbunt. Nun genügt bei einem Grau die Angabe der Weiße, um es vollständig zu kennzeichnen. Da in diesem Falle auch die Angabe des Farbtons fortfällt, so beschränkt sich das Zeichen einer jeden unbunten Farbe auf eine zweizifferige Zahl. Daran sind die

Zeichen der unbunten Farben auf den ersten Blick erkennbar.

Man nennt ein solches Zahlenzeichen aus 3 zweizifferigen Zahlen, welches die Zusammensetzung und damit das Aussehen einer Farbe vollständig kennzeichnet, ihre Kennzahl. Dabei hält man stets die Reihenfolge: Farbton, Weiß, Schwarz ein, damit man nicht noch besonders anzugeben hat, worauf sich jede der drei Zahlen bezieht. Dies ist die allgemeine oder wissenschaftliche Farbenbezeichnung.

So bedeutet z. B. die Kennzahl 63. 10. 50 eine Farbe mit folgenden Eigenschaften. Der Farbton 63 ist der des ersten Eisblau, etwa Preußisch-Blau. Der Weißgehalt 10 ist ziemlich niedrig, es ist also eine ziemlich tiefe Farbe. Der Schwarzgehalt 50 darf verhältnismäßig gering genannt werden, da Schwarz in bedeutenden Mengen anwesend sein kann, ohne sich besonders bemerklich zu machen, es liegt also ein ziemlich tief und recht rein aussehendes, etwas grünliches Blau vor.

In ähnlicher Weise kann man jede Kennzahl lesen. Soll umgekehrt zu einer Farbe ihre Kennzahl gefunden werden, so bestimmt man zunächst nach S. 79 den Farbton, sodann nach S. 80 f. mit dem Sperrfilter den Weiß- und mit dem Paßfilter den Schwarzgehalt. Die drei gefundenen Werte geben zusammengestellt die Kennzahl.

Der Farbatlas. Da die Ausführung solcher Messungen Übung und Vertrautheit mit den Apparaten verlangt, so ist sie nicht jedermanns Sache. Dagegen vermag jeder, der Farben praktisch zu handhaben ge-

wohnt ist, die Gleichheit oder Verschiedenheit gegebener Farben mit großer Sicherheit zu beurteilen. Für solche Personen dient eine geordnete Sammlung von Farben in Gestalt von Aufstrichen, deren Kennzahlen ein für allemal bestimmt sind. Indem man zur gegebenen Farbe die gleiche aufsucht und ihre Kennzahl nachsieht, erreicht man das gleiche, wie durch eine Messung der drei Elemente. Und wenn eine gleichaussehende Farbe nicht zu finden ist, kann man diejenigen Farben feststellen, zwischen denen die gegebene liegt, und nimmt einen entsprechenden Mittelwert von deren Kennzahlen.

Dies ist das Verfahren, wenn die Aufgabe gestellt ist, zu einer gegebenen Farbe die Kennzahl ausfindig zu machen. Ebenso oft entsteht die umgekehrte Aufgabe, zu einer gegebenen Kennzahl die Farbe zu suchen. Dann stellt man die Karte fest, welche die vorgeschriebene Kennzahl trägt, was vermöge der Systematik der Sammlung, mit der man sich vorher vertraut gemacht hat, nicht schwierig ist. Ist die genaue Kennzahl nicht vertreten, so kann man immer zwei oder drei Karten finden, deren Kennzahlen die vorgelegte einschließen, und stellt die gesuchte Farbe danach ein.

Solche Sammlungen sind seit jeher ausgeführt worden, und an ihnen hat sich ein erheblicher Teil der Mathetik der Farbenlehre entwickelt. Solange indessen kein Mittel bestand, die Elemente der Farbe wirklich zu messen, mußten sie alle auf willkürlichen Schätzungen beruhen und boten keine Sicherheit dafür, daß die einmal gewählten Farben auch dauernd dieselben blieben. Erst durch die Ausbildung des Meßverfahrens für die Elemente der Farbe ist die Herstellung eines „Farben-

atlas" auf wissenschaftlicher Grundlage möglich geworden[1] und die absolute Bestimmung der Farben ist auf diesem Wege gesichert.

Das Farbzeichen. Die Kennzahlen geben die Zusammensetzung der Farben aus ihren Elementen an und haben demgemäß in erster Linie eine analytische Bedeutung. Sie spielen deshalb gegenüber den praktischen Anwendungen der Farbe etwa dieselbe Rolle, wie die Schwingungszahlen gegenüber den praktischen Anwendungen der Töne, nämlich eine ziemlich weitläufige und mittelbare. Man muß sich daher fragen, ob man nicht zweckmäßig eine andere Bezeichnungsweise der Farben einführen soll, welche diesen Anwendungen unmittelbarer angepaßt ist, ähnlich wie dies die Notenzeichen für die praktische Tonkunst sind.

Nun sind solche Überlegungen bereits (S. 55) gelegentlich der unbunten Farben angestellt worden und das Ergebnis war die Buchstabenbezeichnung „genormter" Graustufen, die so ausgewählt waren, daß sie für die Empfindung um gleiche Beträge abstanden; im übrigen waren sie nach dem Grundsatz der Zehnerteilung geordnet.

Will man den gleichen Grundgedanken auf den verwickelteren Fall der Buntfarben anwenden, so ist zunächst folgendes zu erwägen. Von den drei Werten, aus denen sich die Kennzahl der Farbe zusammensetzt, hat der erste, der Farbton, eine wesentlich andere Beschaffenheit als die beiden anderen. Der Farbtonkreis ist von vornherein mit Rücksicht auf die Empfindung

1 Vergl. Anhang.

geordnet und geteilt worden (S. 91). Das Fechnersche Gesetz findet also hier keine Anwendung, und alles, was zur Vereinfachung geschehen könnte, beschränkt sich auf eine zweckmäßige Verminderung der Stufenzahl.

Hier ist nun bereits durch die Auswahl der 8 Hauptfarben mit je 3 Vertretern, also der S. 67 angegebenen 24 Farben das Erforderliche geschehen. Auch ist eine anschaulichere, wenn auch nicht kürzere Benennungsweise (S. 96) angegeben worden, welche namentlich dem Anfänger sehr gute Dienste leistet, um ihm das erste Zurechtfinden im Farbenreiche zu erleichtern. Wesentlich anders verhalten sich die beiden anderen Elemente der Kennzahl. Für beide gilt das Fechnersche Gesetz, und es ist daher nötig, für den Weiß- und Schwarzgehalt die geometrischen Reihen zu bilden, um für die Empfindung gleiche Abstände oder Stufen herzustellen.

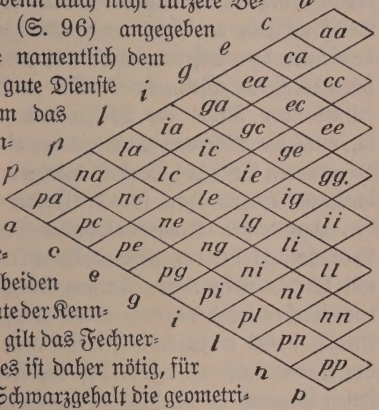


Fig. 15.

Die Ausführung dieser Aufgabe findet sich nun bereits weitgehend durch das logarithmische Dreieck (S. 85) vorbereitet. Denn da der Farbton nicht mehr zur Erörterung steht, beschränken sich die Neueinführungen auf den Inhalt der farbtongleichen Dreiecke. Man braucht nur gemäß den S. 56 mitgeteilten Zahlen die zugehörigen Punkte auf der Seite ws des log-

arithmischen Dreiecks abzutragen und von dort aus die Weiß- und Schwarzgleichen zu ziehen, um die Einteilung zu erlangen. Fig. 15 stellt eine solche Einteilung bis p dar.

Das ganze Dreieck zerfällt auf solche Weise in Rauten, von denen jede durch die beiden Buchstaben bezeichnet werden, welche an den Stellen der Dreieckseiten stehen, bis zu denen die verlängerten Seiten der Rauten führen. Der Buchstabe an der unteren, absteigenden Dreieckseite bezeichnet den Schwarzgehalt, der an der oberen aufsteigenden den Weißgehalt. Da nach der allgemein feststehenden Regel der Weißgehalt zuerst zu nennen ist, muß die Ablesung zuerst an der oberen, sodann an der unteren Seite des Dreiecks erfolgen. Um diese Regel bequemer einzuprägen, sind die Felder des Dreiecks mit den zugehörigen Doppelbuchstaben bezeichnet worden. Nun umfaßt bei der stetigen Ausfüllung des Dreiecks mit den farbtongleichen Farben jede Raute trotz ihres einheitlichen Zeichens doch streng genommen eine große Anzahl etwas verschiedener, wenn auch sehr nahestehender Farben und es erhebt sich die Frage, welche von ihnen gemeint ist. Beispielsweise enthalten die Farben der Raute g e am oberen rechten Rande 25 Weiß, am unteren linken 20; sie enthalten am oberen linken Rande der Raute 60, am unteren linken 68 Schwarz.

Als gemeinsamer Vertreter dieser ganzen Gruppe gilt nun die Mittelfarbe, welche sich durch Mischung aller vorhandenen Farben ergeben würde. Sie ist durch das (geometrische) Mittel der Grenzwerte von Weiß und Schwarz gekennzeichnet, die an den Rändern der Raute vorhanden sind.

Man erkennt alsbald, daß es sich um dieselben Zahlen handelt, welche wir für die Stellvertreter der grauen Gebiete (S. 56) gefunden haben. Dort handelte es sich um die Mittelwerte einer Strecke, weil die grauen Farben einfaltig sind. Hier treten Mittelwerte eines Flächenstücks auf, weil es sich um die zweifaltige Gruppe der Farbtongleichen handelt. Wir können also die Tabelle von S. 56 auch für den neuen Zweck übernehmen; hierzu sind aber noch einige Erläuterungen zu geben.

Für den Weißgehalt kann die Tabelle ohne weiteres beibehalten werden. So bedeutet a den Weißgehalt 89, c = 56, e = 35 usw.

Für den Schwarzgehalt gilt dagegen folgende Regel. Mit a bezeichnet man den Schwarzgehalt, der im Grau a enthalten ist, nämlich 100 − 89 = 11. Ebenso bedeutet c den Schwarzgehalt 100 − 56 = 44, e bedeutet 65 Schwarz usw. Allgemein ergänzen sich also die Weiß- und die Schwarzmengen, die mit demselben Buchstaben bezeichnet sind, zu 100. In solchem Sinne ist Fig. 15 beziffert.

Durch diese Regel wird bewirkt, daß die hellsten Farben mit den ersten Buchstaben, die dunkelsten mit den letzten bezeichnet werden.

Ferner folgt aus ihr, daß der Schwarzbuchstabe immer „kleiner" (d. h. im ABC früher) sein muß, als der Weißbuchstabe, da sonst die Summe von Weiß + Schwarz größer als 100 sein würde, was nicht möglich ist. Es sind also Zusammenstellungen wie ec, li möglich, nicht aber ce oder il.

Durch alle diese Regeln geht die Kennzahl der Farben über in ein „Farbzeichen" von der Form 2 ea oder

16 pn, das aus der Nummer des Farbtons und dem Buchstabenzeichen des Weiß- und Schwarzgehaltes besteht. Diese Buchstaben stellen folgende Werte dar:

Weiß		Schwarz	Weiß		Schwarz
89	a	11	8,9	l	91,1
71	b	29	7,1	m	92,9
56	c	44	5,6	n	94,4
45	d	55	4,5	o	95,5
35	e	65	3,5	p	96,5
28	f	72	2,8	q	97,2
22	g	78	2,2	r	97,8
18	h	82	1,8	s	98,2
14	i	86	1,4	t	98,6
11	k	89	1,1	q	98,9

Der Gewinn durch diese Bestimmungen erscheint zunächst gering: zwei Buchstaben statt vier Ziffern. Die wahre Bedeutung, die sehr groß ist, wird erst später im Zusammenhang mit der Normung zutage treten.

Neuntes Kapitel.

Warme und kalte Farben.

Ältere Auffassung. Von den Malern werden seit Jahrhunderten die Farben in die beiden Familien der warmen und kalten geschieden. Zu den ersten gehören Gelb, Kreß, Rot, zu den letzten Ublau, Eisblau, Seegrün. Wo Veil und Laubgrün einzuordnen sind, scheint zweifelhaft, doch wird man das erstere eher als kalt, das andere eher als warm einschätzen.

Wie aus dieser Beschreibung hervorgeht, handelt es sich um eine Eigenschaft, die dem Farbton anhaftet.

Sie ist demgemäß bei den Vollfarben am stärksten entwickelt und tritt um so mehr zurück, je mehr der unbunte Anteil vorwiegt.

Worauf der Gegensatz beruht, ist bisher unbekannt gewesen. Daß die Farbe des Feuers „warm" ist, erklärt den symbolischen Namen der Gruppe, nicht aber die psychologische Wirkung, die bei den warmen Farben durchgängig lebendig, aufregend, anreizend, bei den kalten dagegen still, sanft, beruhigend ist.

Daß der Gegensatz künstlerisch und kunsttechnisch bedeutsam ist, geht aus der Bestimmtheit hervor, mit welcher er seit den Anfängen der Malkunst empfunden und zum Ausdruck gebracht worden ist. Auch macht er sich praktisch immer wieder geltend. Jedem Gemälde sieht man auf den ersten Blick an, ob es kalt oder warm gehalten ist. Dabei macht sich eine bemerkenswerte Tendenz dahin geltend, daß in unserer Zeit eine kalte Stimmung der Bilder viel häufiger und bestimmter auftritt, als noch vor 50 Jahren und noch mehr in den letzten Jahrhunderten.

Natürliche Unterschiede. Der einzige objektive Unterschied beider Gruppen, der inzwischen nachweisbar geworden ist, hat quantitative Beschaffenheit. Es zeigt sich nämlich, daß die kalten Farben sich auf keine Weise von einem ihnen stets anhaftenden unbunten Anteil befreien lassen, der mit zunehmender Farbstärke sehr schnell zunimmt. Während z. B. warme Farben mit 10 Weiß sich mit 10 Schwarz und weniger herstellen lassen, enthalten die kalten bei 10 Weiß mindestens 40 Schwarz, und es ist bisher auf keine Weise möglich gewesen, diesen Schwarzgehalt zu vermindern.

Es darf daraus mit großer Wahrscheinlichkeit geschlossen werden, daß ein solcher Schwarzanteil zur Natur der Farben von Veil bis Seegrün gehört und daß der natürliche Schwarzgehalt die Ursache jener besonderen seelischen Wirkung ist, welche ihnen den Namen der kalten Farben verschafft hat. Denn durch den Zusatz solcher Schwarzmengen zu Gelb, Kreß und Rot verliert sich gleichfalls das auffallende Aussehen, das diese Farben im schwarzfreien Zustande haben; sie werden braun und wirken viel „kälter".

Gleichzeitig liegt in der Messung des natürlichen Schwarzanteils ein gutes Mittel, um die zweifelhafte Schätzung der Grenzen zwischen beiden Gruppen durch eine objektive Tatsache zu ersetzen. Danach kann man die Farbtöne 10 und 22, also das erste Veil und das erste Laubgrün als die Grenzpunkte ansehen. In dem einen Halbkreise von 22 über 0 bis 9 liegen die warmen, im anderen von 9 über 13 bis 22 die kalten Farben; 10 und 22 stellen die Grenzpunkte zwischen beiden dar, sind also weder kalt noch warm. Etwa eine Stufe beiderseits vermittelt den Übergang, so daß die ganz warmen Farben zwischen 22 und 9, die ganz kalten zwischen 11 und 21 liegen.

Zehntes Kapitel.
Farbnormen.

Die Aufgabe. Es ist bereits mehrfach erwähnt worden, daß für die Farben eine Normung, d. h. die Festlegung bestimmter Werte unter Ausschluß aller anderen, nicht nur wünschenswert, sondern notwendig

ist. Damit ist nicht gemeint, daß Farben außerhalb der Normen überhaupt verschwinden sollen. Dies durchzuführen ist weder möglich noch zweckmäßig. Sind doch auch durch die Annahme der musikalischen Tonstufen die übrigen Töne keineswegs völlig aus der Welt geschafft. Sondern nur für solche Fälle, wo eine mehr oder weniger große Freiheit in der Wahl der Farben besteht und ein zureichender Grund nicht vorhanden ist, gerade diese und keine andere Farbe zu wählen, soll die Wahl auf eine der Normen fallen. Hierdurch kann nie ein Nachteil entstehen, wohl aber sind sehr bedeutende Vorteile die Folge.

Diese sind von derselben Beschaffenheit, wie in der Industrie, wo sich soeben die Normung überall durchsetzt. An die Stelle der Hunderte verschiedener Schraubenarten, die bisher im Maschinenbau verwendet wurden, wobei fast jede Fabrik ihre eigenen Formen hatte, soll eine kleine Anzahl treten, so daß für jeden sachlichen Zweck eine Form vorhanden ist, aber nur eine. Dann kann für jeden Verlust sofort ohne Suchen Ersatz beschafft werden und die Herstellung wird durch den Massenbedarf in hohem Maße verbilligt und vereinfacht.

In ähnlicher Weise wirkt die Normung der Farbe. In den Teppich- und Gobelinfabriken wurden bisher für jedes Muster die Wollen besonders gefärbt. Dadurch sammelten sich große Reste an, die fast unverwendbar waren und die Herstellung sehr verteuerten. Werden nur bestimmte Farben verwendet, so können alle Reste gelegentlich wieder gebraucht werden, und die Färbung, die nicht mehr von Fall zu Fall ausgeführt werden muß, wird sehr viel einfacher und sicherer.

Die hier angedeuteten Vorteile sind von technischer und wirtschaftlicher Beschaffenheit. Sie würden genügen, um die Normung der Farben zu rechtfertigen. Viel größer aber als diese Vorteile sind die künstlerischen und kunsttechnischen. Wie eine Tonkunst erst möglich wurde, nachdem bestimmte Tonstufen (die Tonleiter) festgelegt waren, so wird eine bewußte Farbkunst, die wir noch nicht haben, erst auf Grundlage genormter Farben möglich werden.

Es ist also die Bestimmung zu treffen, nicht unbeschränkt aus der über eine Million betragenden Anzahl aller unterscheidbaren Farben jede beliebige zu benutzen, sondern uns auf eine endliche und übersehbare Anzahl unter ihnen zu beschränken und alle übrigen vom Gebrauch auszuschließen. Eine entsprechende Untersuchung lehrt, daß mit einer zwischen 500 und 2000 liegenden Anzahl bestimmter Farben auch sehr weitgehenden Bedürfnissen genügt werden kann.

Dieser Gedanke ist von sehr großer Tragweite und verdient somit die kräftigste Förderung.

Vergleich mit den Tönen. Hier ist es, wo uns der meist so bedenkliche Vergleich der Farben mit den Tönen wirkliche Hilfe und Aufklärung geben kann.[1] Auch die Töne bilden zwischen dem tiefsten und dem höchsten eine stetige Reihe, in der zufolge der sehr kleinen Unterschiedsschwelle etwa tausend unterschieden werden können. Bekanntlich hat die Musik aber auf diese Freiheit durchaus verzichtet und begnügt sich mit 12

1 Ich verdanke die Anregung zu diesen Betrachtungen Herrn P. Martin Schaller in Rottenmünster.

ganz bestimmten Stufen innerhalb jeder Oktave, indem sie alle anderen Töne streng ausschließt und z. B. den schleifenden Übergang von einem Tone zum anderen als kunstwidrig verbietet. Trotz dieser überaus weitgehenden Beschränkung baut sich die ungeheuere Mannigfaltigkeit unserer Musik restlos aus diesen 12 Tonstufen (nebst ihren Oktaven) auf. Und die Geschichte der Musik lehrt uns, daß von einer Tonkunst erst die Rede sein konnte, nachdem diese strenge Bindung an bestimmte Tonhöhen eingetreten war. Auch hier bewährte sich das Dichterwort:

In der Beschränkung zeigt sich erst der Meister
Und das Gesetz nur kann uns Freiheit geben.

Im Lichte dieser Tatsachen versteht man, daß wir es bisher zu einer Farbkunst in höherem Sinne noch nicht gebracht haben, da uns eine solche grundlegende Bindung noch gefehlt hat. Eine solche war aber auch bisher nicht möglich gewesen, da Zahl und Maß, die notwendige Grundlage dazu, in der Farbenwelt noch nicht wirksam gemacht waren. Es fehlte also an der Möglichkeit des Gesetzes, das uns die künstlerische Freiheit sichern konnte. Was bisher bestand, war die Freiheit der Anarchie, die kaum eingeschränkt war durch unbewußt-gefühlsmäßige Einzelfunde schöner und wirksamer Farbverbindungen. Das Ergebnis: eine vollständige Verwilderung alles Farbgefühls bei der Mehrzahl der Menschen, ist vor aller Augen.

Ein Beispiel. Um zu erkennen, daß auch im Gebiet der Töne die Normung noch lange nicht genügend durchgeführt ist, obwohl sie seit Jahrhunderten in der Musik besteht, vergegenwärtige man sich die

Gehörseindrücke einer belebten Straßenkreuzung in einer Großstadt, z. B. den Potsdamer Platz in Berlin. Über dem Orgelpunkt des Wagenrollens und der Fußtritte von unbestimmter Tonhöhe erheben sich die scharfen Töne der Autohupen, die das Klingeln der Straßenbahnen und die anderen Geräusche beherrschen. Denken wir uns nun eine Polizeiverordnung durchgeführt, nach welcher alle Hupen auf irgendeinen der Töne c, e, g des C-Dur-Dreiklanges abgestimmt sein müssen. Es würde dies den Preis der Hupen kaum erhöhen, also keine Belastung darstellen. Die Wirkung auf das akustische Straßenbild aber würde zauberhaft sein. An die Stelle des mißtönigen Durcheinanderschreiens würde eine endlose Melodie treten, die zwar den Dreiklang nie verläßt, aber den ganzen Reiz des Zufälligen bezüglich Tonhöhe, Rhythmus und Klangfarbe in sich trägt und daher unerschöpflich an entzückenden Überraschungen sein wird. Statt wie bisher eine Qual für die Ohren und ein Abscheu für das Gefühl zu sein, würde der Lärm der Großstadt als eindrucksvolle Symphonie empfunden werden.

Und das alles wäre die Folge einer mit geringstem Aufwande zu verwirklichenden Organisation der Töne.

Hiernach mag man sich eine Vorstellung davon machen, was durch die Organisation der Farbe für das Auge erreichbar wäre!

Die Sorge der Künstler. Trotz der großen und offenkundigen Nachteile, welche die bisherige absolute Freiheit der Kunst selbst gebracht hat, taucht gegenüber jedem Versuch, irgendeine Ordnung einzuführen, alsbald ein Schreckensruf auf, welcher die Kunst selbst

hierdurch für bedroht erklärt. Er wird freilich nicht in erster Linie von den wirklichen großen Künstlern ausgestoßen. Diese, die sich über die Grenzen ihrer Kunst ganz klar sind, da ihr Leben von dem heißen Bemühen ausgefüllt ist, diese Grenzen zu erweitern, haben stets allen Möglichkeiten dazu das lebhafteste Interesse entgegengebracht. Man braucht sich nur des leidenschaftlichen Eifers zu erinnern, mit welchem Dürer und Rafael Santi die zu ihrer Zeit entstandene Lehre von der Perspektive aufnahmen, um hierüber jeden Zweifel zu verlieren. Es sind vielmehr in unserer Zeit hauptsächlich die Vertreter der Ästhetik und Kunstgeschichte, welche sich als Wortführer der Künstlerschaft gebärden und auch unter den weniger selbständig denkenden Künstlern eine breite Gefolgschaft zu finden pflegen. Diese haben sich mit großer Regelmäßigkeit von jeher gegen jeden kunsttechnischen Fortschritt gesträubt und in weiten Kreisen der urteilslosen Masse das Vorurteil ausgebreitet, als sei alles Alte schön und wertvoll, alles Neue, und vor allen Dingen alles technisch Neue, grundsätzlich minderwertig.

Überlegt man sich, daß unter der Führung dieser Denkweise die gegenwärtige Haltlosigkeit und Verwilderung alles Urteilens und Empfindens in künstlerischen und kunstgewerblichen Dingen entstanden ist, so wird man in ihren Vertretern schwerlich die geeigneten Leute anerkennen wollen, ein maßgebendes Urteil über die Mittel und Wege abzugeben, die aus diesem Zustande herausführen sollen. Denn wenn sie ein solches Urteil besäßen, so hätten sie die Menschen nicht auf den Zustand herabsinken lassen dürfen, in dem sie sich noch

vor einem Jahrzehnt befunden hatten und aus dem sie sich soeben ohne ihre Mitwirkung unter der Fuhrung begabter Praktiker langsam zu erheben beginnen.

Aber die ganze Sorge um Beeinträchtigung der freien Kunst durch verstandesmäßige Regeln ist deshalb gegenstandslos, weil niemand da ist, der die Künstler zu ihrer Anwendung zwingen will. Es ist ja überhaupt kein Mittel vorhanden, einen solchen Zwang auszuüben, selbst wenn eine solche Torheit beabsichtigt wäre. Wie soll und kann es den wahren Künstler stören, wenn die Tüncher und Tapezierer lernen, wie man angenehm wirkende Farbenzusammenstellungen sicher erzielen kann, und wenn die Industrie ihre Erzeugnisse in harmonische Farben kleidet? Es liegt doch nur in ihrem Interesse, daß der Sinn für schöne Farbenklänge in die breitesten Massen getragen wird, denn sie werden auf eine um so größere Teilnahme für ihre eigenen Werke rechnen können. Sie können in jedem Sinne nur Gewinn von einem solchen Fortschritt haben, und ihre Versuche, ihn zu stören oder zu verhindern, bedeuten einen Schnitt in das eigene Fleisch.

Die Organisation der Farbe. Die Grundlage eingetretenen Fortschrittes im Farbengebiet ist die Tatsache, daß Maß und Zahl hier ihren Einzug gehalten haben. Damit ist überhaupt erst die Möglichkeit einer Ordnung entstanden. Und es gibt keinen günstigeren Augenblick, eine bestimmte Ordnung einzuführen, als den gegenwärtigen, wo das Feld noch vollkommen frei ist. Was sonst den Fortschritt so sehr hemmt und hindert: das Trägheitsgesetz und die daher rührende Widerstandskraft des Alten, besteht hier (bis auf einige

längst widerlegte Irrtümer) überhaupt nicht, und die ordnende Tätigkeit findet ein völlig frisches, unberührtes Material vor.

Allerdings legt dieses Verhältnis dem, der die ersten organisatorischen Schritte in das Neuland tut, die Verpflichtung auf, diese ihm vorbehaltene und anvertraute Arbeit mit ganz besonderer Sorgfalt und umsichtigstem Bedacht zu tun. Das übliche Mittel, durch Beratung einer Gruppe von Fachmännern für allseitige Erörterung der Verhältnisse zu sorgen, ist hier kaum anwendbar, da jedesmal der Entdecker des neuen Weges längere Zeit der einzige wirkliche Fachmann ist. Denn die anderen müssen den Fortschritt erst noch erlernen, ehe sie ihn prüfen können. Leider bewirken naheliegende menschliche Eigentümlichkeiten, daß diese natürliche Reihenfolge meist umgekehrt wird: die Neuerung pflegt von den anderen zuerst verworfen zu werden; mit ihrem Studium befassen sie sich erst viel später, wenn es sich nicht mehr vermeiden läßt. Im vorliegenden Falle wurde die Aufgabe dadurch erleichtert, daß die zunächst angenommenen Ordnungsgrundlagen durch ihre Anwendung während mehr als 6 Jahren einer sehr gründlichen und umfassenden Prüfung unterzogen worden sind. Tatsächlich ergaben sich hierbei einige wichtige neue Gesichtspunkte, die zu einer teilweisen Abänderung der anfänglichen Ordnung führten. Die Anwendung der verbesserten Ordnung auf mehrere Sammlungen genormter Farben, die inzwischen zur Veröffentlichung gelangten, ergab neue Prüfungen, welche recht gut bestanden wurden. So sind die gegenwärtigen Normen bereits das Ergebnis einer mehrfachen Auslese und stellen

die Dauerform entweder schon dar, oder sind ihr mindestens sehr ähnlich. Da nun jede Farbe durch drei Stücke gekennzeichnet wird, nämlich den Farbton, den Weißgehalt und den Schwarzgehalt, so hat sich die Ordnung auf den Farbton einerseits, den Weiß- und Schwarzgehalt andererseits zu beziehen. Da beide sich wesentlich verschieden verhalten, sind sie gesondert zu behandeln.

Der Farbton. Die Farbtöne bilden den Farbkreis und sind in diesem nach dem Prinzip der inneren Symmetrie geordnet. Bezüglich der Einteilung dieses stetigen Kreises sind die maßgebenden Gesichtspunkte bereits früher (S. 95) auseinandergesetzt worden. Darnach ergaben sich durch Drittelung der 8 Hauptfarbengebiete 24 Farbtöne, deren Abstand einerseits groß genug ist, um sie sicher zu unterscheiden, andererseits klein genug, damit nicht notwendige oder wichtige Zwischenstufen übersprungen zu werden brauchen. Die frühere Bezeichnung dieser Stufen aus dem 100teiligen Kreise mit Abrundung der entstehenden Brüche auf ganze Zahlen muß aufgegeben werden, da die hierdurch bewirkten Verschiedenheiten von 4 und 5 Stufen je nach dem Zusammentreffen der Abrundungen sich deutlich als Unregelmäßigkeiten merkbar machten. So wurde die neue Bezifferung von 1 bis 24 eingeführt, welche diesen Nachteil zu vermeiden ermöglicht. Besonders wichtig ist aber die große Erleichterung für die Auffindung farbiger Harmonien, welche diese rationellere Bezeichnung der Farbtöne mit sich bringt. Zwar kann dieser Punkt erst später erörtert werden, doch schien es zweckmäßig, schon hier auf ihn hin-

zuweisen, da er eine wesentliche Ursache der Umgestaltung gewesen ist.

Bezeichnung. Es liegt nahe, die 24 Farbtonstufen mit den Buchstaben des ABC zu bezeichnen, etwa nachdem man das a für Weiß abgesondert hat. Die 8 Hauptfarben hätten dann die Zeichen behlorux. Doch bin ich hiervon wieder abgekommen, weil die Buchstabenbezeichnung keine so einfache Auffindung der einem gegebenen Farbton harmonisch verwandten Farbtöne ermöglicht, wie die Zahlenbezeichnung. Auch ist es gut, in dem Farbzeichen den Farbton deutlich unterscheidbar vom Weiß- und Schwarzgehalt zu behandeln. Da nun für diese Buchstaben eingeführt sind und sich als höchst praktisch bewährt haben, sind für die Farbtöne doch die Zahlen vorzuziehen. Allerdings sind die Zahlen für den Anfänger deshalb unbequem, weil sie ihm keine Anschauung mitbringen. Er muß erst lernen, daß Gelb von 1 bis 3 geht, und daß die Zahlen um 20 herum Grün bezeichnen. Ich kann aber aus eigener Erfahrung angeben, daß man in recht kurzer Zeit lernt, mit jeder Farbtonzahl alsbald die zugehörige Farbenvorstellung zu verbinden. Daneben wird, besonders für den ersten Unterricht und im mündlichen Verkehr, eine möglichst anschauliche Bezeichnung willkommen sein.

Eine solche ergibt sich daraus, wie schon erwähnt, daß für jede Hauptfarbe im 24teiligen Farbkreise 3 Vertreter vorhanden sind. Man kann also vom ersten, zweiten, dritten Gelb, Kreß usw. sprechen und bezeichnet damit unverwechselbar den Farbton. Demgemäß entsprechen sich folgende Namen und Nummern (vgl. S. 96):

Erstes	Zweites	Drittes	
1 (00)	2 (04)	3 (08)	Gelb
4 (13)	5 (17)	6 (21)	Kreß
7 (25)	8 (29)	9 (33)	Rot
10 (38)	11 (42)	12 (46)	Veil
13 (50)	14 (54)	15 (58)	Ublau
16 (63)	17 (67)	18 (71)	Eisblau
19 (75)	20 (79)	21 (83)	Seegrün
22 (88)	23 (92)	24 (96)	Laubgrün

Der Weiß- und Schwarzgehalt. Die Grundlagen für die Normierung der beiden anderen Farbelemente sind stufenweise bereits früher entwickelt worden. Die Feststellungen über die Mittelwerte der Graustufen (S. 56) ließen sich ohne Änderung der Zahlenwerte sachgemäß auf die bunten Farben übertragen (S. 105), so daß die dort eingeführte Buchstabenreihe für die dekadische Grauleiter auch zum Ausdruck der Gehalte an Weiß und Schwarz an den Normalpunkten Anwendung fand. Es blieb nur übrig, den Gesichtspunkt der Normung in aller Bestimmtheit geltend zu machen.

Demgemäß haben die Farbzeichen, sowohl die einfachen, wie a, c, p für die unbunten Farben, als auch die dreifachen von der Form 7 g e usw. für die bunten, nicht mehr die Bedeutung von Mittelwerten ganzer Gruppen nahverwandter Farben, sondern die von unverrückbaren Normen, denen jede benutzte Farbe tunlichst anzunähern ist, unter Vermeidung aller dazwischenliegenden „wilden" Farben. Es soll auf die mehr als eine Million betragende Mannigfaltigkeit der unterscheidbaren Farben bewußt und grundsätzlich verzichtet werden. Statt ihrer sollen die Bedürfnisse mit einer

verhältnismäßig kleinen Zahl fester Farben befriedigt werden, die 680 oder 2535 betragen soll.

Um die maßgebenden Zahlen dem Leser unmittelbar vor Augen zu führen, seien zunächst die Weißen der unbunten Normen nebst ihren Buchstabenzeichen nochmals angegeben:

Unbunte Normen

a 89	g 22	n 5,6	t 1,4
b 71	h 18	o 4,5	u 1,1
c 56	i 14	p 3,6	v 0,89
d 45	k 11	q 2,8	w 0,71
e 36	l 8,9	r 2,2	x 0,56
f 28	m 7,1	s 1,8	y 0,45
			z 0,36

Um für den fernliegenden Fall, daß die Reihe fortgesetzt werden müßte, eine Form anzugeben, wird vorgeschlagen, die auf z folgenden Stufen mit a^1, b^1, c^1 usw. zu bezeichnen. Danach wäre

$a^1 = 0{,}28$ v. H. Weiß
$b^1 = 0{,}22$
$c^1 = 0{,}18$
$d^1 = 0{,}14$
$e^1 = 0{,}11$ usw.

Für die bunten Farben gelten dieselben Buchstaben mit den gleichen Werten. Nur ist hinzuzufügen, daß der Schwarzgehalt als Ergänzung der für Weiß angegebenen Zahlen auf 100 erscheint. Während also der Weißgehalt a 81 v. H. Weiß bedeutet, bedeutet der Schwarzgehalt a 19 Schwarz, da $81 + 19 = 100$ ist.

Demgemäß haben wir folgende Tabelle:

Normen für den Weiß- und Schwarzgehalt bunter Farben

Weiß	Schwarz	Weiß	Schwarz
a 89	11	l 9	91
b 71	29	m 7	93
c 56	44	n 5,7	94,3
d 45	55	o 4,5	95,5
e 36	64	p 3,6	96,4
f 28	72	q 2,8	97,2
g 22	78	r 2,2	97,8
h 18	82	s 1,8	98,2
i 14	86	t 1,4	98,6
k 11	89	u 1,1	98,9
		v 0,9	99,1

Diese Zahlen stellen also das praktische Ideal der Weiß- und Schwarzgehalte unbunter wie bunter Farben dar, welche den mit den Buchstaben a b c usw. bezeichneten Normen entsprechen. Je nach dem Zweck wird man die Annäherung an die Norm läßlicher oder anspruchsvoller behandeln. Da die Empfindlichkeit gegen geringe Abweichungen, die bei den Tönen so groß ist, sich bei den Farben nicht geltend macht, so werden im allgemeinen die Ansprüche an die Genauigkeit der Einstellung nicht groß sein.

Im einzelnen ist zu dem Wert a, 89 für Weiß und 11 für Schwarz zu sagen, daß er ein ziemlich hoch gespanntes Ideal darstellt. Gutes weißes Papier pflegt 15 Schwarz zu haben und ein Papier mit 11 Schwarz ist mir noch nicht zuhanden gekommen. Bis auf weiteres wird also hier noch ein Abstand von rund 5 Einheiten übrigbleiben, soweit bunte Papiere in Frage kommen. Doch ist es wohl besser, an der Gesetzmäßigkeit nicht

zu rütteln, welche S = 11 verlangt, da es technisch keineswegs ausgeschlossen erscheint, das Ideal auch in Papier zu erreichen.

Zu den anderen Werten, die überall im Gebiet des Erreichbaren liegen, ist nichts weiter zu sagen, als daß die Abweichungen von ihnen, welche die Praxis mit sich bringen wird, sowohl nach oben wie nach unten liegen werden und dürfen.

Übersicht. Die eben angegebenen Normen für Weiß und Schwarz gelten für alle bunten Farben. Diese werden dem Farbton nach in Farbkreise von je 24 Farbtönen gemäß S. 96 geordnet, in denen jeweils der Weiß- und Schwarzgehalt gleichbleibt.

Solche Farbkreise werden für alle Gehalte an Weiß und Schwarz entwickelt, die sich aus den Normen a, b, c usw. zusammenstellen lassen. Diese sind, wenn man bis p geht:

ba
ca cb
da db dc
ea eb ec ed
fa fb fc fd fe
ga gb gc gd ge gf
ha hb hc hd he hf hg
ia ib ic id ie if ig ih
ka kb kc kd ke kf kg kh ki
la lb lc ld le lf lg lh li lk
ma mb mc md me mf mg mh mi mk ml
na nb nc nd ne nf ng nh ni nk nl nm
oa ob oc od oe of og oh oi ok ol om on
pa pb pc pd pe pf pg ph pi pk pl pm pn po

Da die Fortsetzung der Reihe ohne weiteres ausführbar ist, braucht sie nicht aufgeschrieben zu werden.

Die Anzahl der Farbkreise bis p beträgt 105; dies ergibt mit je 24 Farbtönen auf den Kreis 2520 Farben, wozu noch 15 unbunte Farben von a bis p kommen, also insgesamt

2535 Farben

die sich für jede weitere Stufe über p hinaus um je einige Hundert vermehren.

Die Herstellung einer Gruppe dieser Normen lehrt, daß die Farben sich zwar leicht unterscheiden lassen, also entschieden außerhalb der Schwelle liegen, daß aber eine Einschaltung von Zwischenstufen kaum je in Frage kommt. Eine Vermehrung der Normen im Sinne eines engeren Zusammentretens darf also als ausgeschlossen gelten.

Es sei noch ausdrücklich bemerkt, daß diese Anzahl dadurch zustande gekommen ist, daß die Reihe beim Buchstaben p willkürlich abgebrochen wurde. Werden noch dunklere Stufen erfordert (und in gewissen Gewerben sind sie notwendig), so wird man die entsprechenden Kreise hinzufügen. Da aber hierbei grundsätzlich nichts Neues in Frage kommt, so kann es bei diesem Hinweis sein Bewenden haben.

Vereinfachung. Statt der durch die Zehnerteilung geforderten Stufen, die in den vorstehenden Tabellen aufgestellt worden sind, haben sich für die allermeisten Zwecke doppelt so weite Stufen als genügend erwiesen, bei denen jede zweite fortgelassen wird. Es ergeben sich folgende verkürzte Tabellen.

Normen der unbunten Farben

a	89 v. H. Weiß	p	3,6
c	56	r	2,2
e	36	t	1,4
g	22	v	0,89
i	14	x	0,56
l	8,9	z	0,36
n	5,6		

Normen für bunte Farben

Weiß		Schwarz	Weiß		Schwarz
89	a	11	3,6	p	96,4
56	c	44	2,2	r	97,8
36	e	64	1,4	t	98,6
22	g	78	0,89	v	99,11
14	i	86	0,56	x	99,44
8,9	l	91,1	0,35	z	99,65
5,6	n	94,4			

Man merkt sich allgemein, daß die Weißgehalte von Stufe zu Stufe um etwas mehr als ein Drittel abnehmen.

Die Anzahl der Farbnormen fällt bei dieser Einteilung, die als die maßgebende ferner festgehalten werden soll, auf 672 bunte Farben, die den folgenden 28 wertgleichen Kreisen entsprechen:

						ca
					ea	ec
				ga	gc	ge
			ia	ic	ie	ig
		la	lc	le	lg	li
	na	nc	ne	ng	ni	nl
pa	pc	pe	pg	pi	pl	pn

Hier sind die zu einer Schattenreihe gehörigen Zeichen untereinander gesetzt. Jedes Buchstabenpaar kann mit jedem der 24 Farbtöne verbunden werden, was $28 \times 24 = 672$ Farben, wie angegeben, ausmacht. Dazu kommen die 8 unbunten Farben a c e g i l n p.

Die Farborgel. Um die Handhabung dieser Farbnormen kennen zu lernen, habe ich mir alle 680 Farben in Gestalt von Wasserdecktünchen (Guaschfarben) hergestellt. Es läßt sich nicht beschreiben, welche Fülle der schönsten und unerwartetsten Harmonien man beim Arbeiten damit erlebt. Bis auf die unmittelbaren Nachbarn (wie z. B. 1 i a und 2 i a) kann man jede Farbe eines Farbkreises mit jeder anderen verbinden und gewinnt jedesmal ein eindrucksvolles Paar. Solcher Paare gibt es in jedem Kreise nicht weniger als 252; in allen 28 Kreisen also rund 7000, die alle verschieden sind. Indem man weitere gleichabständige Farben zufügt, gewinnt man Dreier und Vierer von ähnlichen harmonischen Eigenschaften. Der (teilweise) Ersatz einzelner Farben durch andere Glieder ihrer Schattenreihe, sowie (bei Verschiedenheit der Flächengrößen) durch Weiß- oder Schwarzgleichen erhöht die Mannigfaltigkeit bis ins Unzählbare. Hier hat der Künstler innerhalb des Gesetzes unabsehbare Freiheit.

Die Einrichtung der 28 Farbkreise, von denen jeder 24 gleichwertige Farben enthält, ist vergleichbar der der Orgel, welche verschiedene Register von Pfeifen zu dem übereinstimmenden Manual enthält. In der Tat kann man einer solchen Farborgel, wie sie genannt worden ist, ebenso die mannigfaltigsten Harmo-

nien entlocken, wie der Tonorgel. Und ebenso wie es von dem Künstler, der sie betätigt, abhängt, ob man große oder geringe Kunstwerke zu hören bekommt, kann man mit der Farborgel schlichte und prächtige, einfache und verwickelte Harmonien erzeugen, je nach der Kenntnis und Begabung, die man dazu mitbringt.

Die kalten Farben. Die vorstehend gegebenen Normen für den Schwarzgehalt der bunten Farben gelten ohne weiteres nur für die warmen Farben 23 bis 9. Die kalten von 11 bis 21, sowie die Zwischenfarben auf beiden Seiten von 9 bis 11 und von 21 bis 23 bedürfen ergänzender Bestimmungen wegen ihres natürlichen Schwarzgehaltes. Diese beziehen sich indessen ausschließlich auf den Schwarzgehalt und die Bedeutung des letzten Buchstabens. Der Weißgehalt und sein Zeichen bleibt dagegen allgemein gültig.

Diese Bestimmungen sind ziemlich verwickelt und beruhen auf experimentellen Grundlagen, die zwar die Hauptsache außer jeden Zweifel stellen, in Einzelheiten der Zahlenwerte aber noch verbessert werden können. Es sei daher hier nur grundsätzlich ausgesprochen, daß bei den kalten Farben den S. 107 verzeichneten Normen für den Gehalt an Schwarz noch gewisse Beträge hinzugefügt werden müssen, die durch den natürlichen Schwarzgehalt der kalten Farben (S. 107) bedingt werden. Diese Zusätze sind vom Weißgehalt abhängig und bewirken, daß die aufgestellten Normen in der wirklichen Ausführung überall eingehalten werden können, was ohne die Verbesserung nicht möglich wäre. Auch überzeugt man sich bei der Betrachtung unmittelbar, daß nur die verbesserten Normen mit denen der warmen

Farben zusammenpassen, was bei den unverbesserten bestimmt nicht der Fall ist.

Anwendungen. Die so festgelegten Punkte im Farbkörper stellen wie erwähnt das praktische Ideal dar, dem jede willkürliche Farbe tunlichst anzunähern ist. Es soll in der Farbwelt von vornherein jene „Normung" vorgenommen werden, welche seinerzeit die Musik als Kunst erst ermöglicht hat, und welche gegenwärtig als Hauptgedanke die ganze Technik durchdringt. Überall hat man eingesehen, daß die vollkommen freie Verfügung über die vorhandenen Möglichkeiten zu Energievergeudungen schlimmster Art führt, und daß die Beschränkung auf so wenige Fälle oder Muster, als die tatsächlichen Bedürfnisse gestatten, einen sehr großen Gewinn bedeutet.

So werden beispielsweise gebrauchsfertige Tünchen in größtem Maßstabe hergestellt und verbraucht. Ihre Farben waren bisher willkürlich und wurden jedesmal wieder nach einer eingesandten Probe eingestellt, wobei Mißgriffe, Verzögerungen und andere Nachteile nicht zu vermeiden waren. Gewöhnt sich der Verbraucher daran, nur geregelte Farben zu verwenden, so braucht der Fabrikant nur solche herzustellen, nachdem er ihre Zusammensetzung ein für allemal ermittelt hat, und hat nicht zu befürchten, das Lager mit unverwendbaren Resten anfüllen zu müssen.

Ähnliche Betrachtungen gelten für die Färberei im ganzen Umfange. Die Rezepte des Färbers beziehen sich zur Zeit auf zufällige Farben, und er darf nie darauf rechnen, für eine verlangte Einzelfarbe die zutreffende Vorschrift in seinen Büchern zu finden; er muß also

endlos probieren. Künftig wird der Färber in erster Linie die Vorschriften entwickeln, nach denen er die mit dem Stoff erreichbaren Normen zu färben hat, und er ist dann der Sorge weitgehend überhoben, wie er die Farbe „treffen" soll.

Das gleiche gilt für Tüncher, Lackierer, Dekorationsmaler und alle anderen Berufe, welche mit der Färbung von Gegenständen zu tun haben.

Das Kunstgewerbe. Noch viel einschneidender werden die Wirkungen der Regelung auf das Kunstgewerbe sein. Da nämlich Farben gleichen Weiß- und Schwarzgehaltes stets, und solche gleichen Weißgehaltes (bei abweichendem Schwarzgehalt) vielfach unmittelbar als zusammengehörig oder harmonisch empfunden werden, so wird es künftig leicht sein, aus den mit geregelten Farben ausgestatteten Gebrauchs- und Schmuckgegenständen zusammenpassende auszuwählen. Man braucht sie nicht einmal nebeneinander zu sehen; es genügt zu wissen, daß in ihren Farbenzeichen beide Buchstaben, oder mindestens der erste gleich sind.

Es sollte nicht nötig sein, ist aber zur Zeit noch nötig, hinzuzufügen, daß auf solche Weise zwar grobe Verletzungen der Harmonie vermieden werden können (was einen gewaltigen Fortschritt gegen bisher bedeutet), daß aber damit eben nur das negative Ergebnis der bloßen Richtigkeit erreicht wird. Über diese Richtigkeit hinaus hat der Künstler noch unbegrenzten Raum für sein persönliches Schaffen, das auf der richtigen Grundlage viel wirksamer zu gestalten vermag, als ohne sie. Der musikalische Künstler wird keinen Augenblick im Zweifel sein, ob er auf einem richtig gestimmten Klavier

lieber spielen wird, oder auf einem ungestimmten, und es wird ihm nicht von fern in den Sinn kommen, sich über eine Einschränkung seiner Freiheit zu beklagen, weil ihm nur 12 Tonstufen in der Oktave zur Verfügung stehen, statt der unterscheidbaren 100 Stufen.

Die freie Kunst. Die Frage, ob und wieweit die freie Kunst von den neuen Arbeitsmitteln Gebrauch machen wird, welche die neue Farbenlehre darbietet, muß von den zunächst Beteiligten, den Künstlern, entschieden werden. Von der anderen Seite kann nicht mehr geschehen, als jenen die Mittel zugänglich machen.

Doch wird es vielleicht die Entscheidung erleichtern, wenn folgender Fall erwogen wird.

Der vor einiger Zeit verstorbene ausgezeichnete Dresdener Maler Zwintscher malte seine früheren Bilder alle aus einem sehr tiefliegenden und schwarzarmen Farbkreise, etwa pc oder noch tiefer. In den letzten Jahren hatte er aber, offenbar nach starker innerer Arbeit, seine Palette wesentlich geändert. Er überraschte seine Freunde mit einem großen Bild (Frau mit Dogge im Garten), das durchgängig viel heller war und viel größere einheitlich gefärbte Flächen trug; auch waren die Weißen deutlich gedämpft. In unserer Bezeichnungsweise gehört das neue Bild etwa dem Farbkreise ie an (nach der Erinnerung geschätzt). Überlegt man nun, daß der Künstler diese weitgehende Änderung seiner Ausdrucksweise zweifellos erst nach angestrengter innerer und äußerer Arbeit — Nachdenken, Mischen, Probieren — hat durchführen können, während er gegenwärtig mit Hilfe der Farbennormen in kürzester Zeit und mit vollkommener Sicherheit dasselbe hätte erreichen können,

so erkennt man, welche Hilfe die neuen Mittel auch dem entwickelten Künstler gewähren können.

Eine andere Aufgabe, deren Lösung jetzt unmittelbar gegeben ist, liegt in der Zusammenstellung verschiedener Bilder, insbesondere bei Ausstellungen. Hier hört die Klage nicht auf, daß ein Bild das andere „totschlägt", weil es mit wesentlich anderen Farben wirkt. Ordnet man die Bilder gemäß dem Farbkreise, aus dem sie gemalt sind, so darf man darauf rechnen, daß eine starke gegenseitige Schädigung solcher Art sicher vermieden werden kann.

Der Unterricht. Es ist bekannt, daß bisher der Unterricht in der Farbenlehre nur sehr unbefriedigende Resultate ergeben hat. Das ist leicht verständlich, denn ein ungeordnetes und unklares Gebiet, wie die frühere Farbenlehre, widersetzt sich der Übertragung durch den Unterricht. Im Gegensatz dazu hat sich die neue Farbenlehre von vornherein als gut lehrbar erwiesen, daß bereits die im Beginn der neuen Entwicklung veröffentlichte Farbenfibel ihr eine große Anzahl dankbarer Schüler zugeführt hat.

Diese Lehrbarkeit gewinnt nun durch die Einführung der Normen ganz außerordentlich. Im Gegensatz zu den Tönen, wo ein „absolutes" Gedächtnis, d. h. ein Erkennen bestimmter Tonhöhen, eine seltene Gabe ist, besteht ganz allgemein auch beim Ungeschulten eine Fähigkeit, Farben unmittelbar zu erkennen, die durch Übung sehr gesteigert werden kann. Durch die im Farbkörper verwirklichte Ordnung aller Farben wird dergestalt ein vollkommenes Heimischwerden in der ganzen Farbwelt möglich. Der künftige Farbkünstler verfügt alsdann

über die ganze Welt der Farbe und kann seiner gestaltenden Phantasie überall klare und bestimmte Anschauungen zugrunde legen, während ihm auf dem bisherigen Wege nur einzelne, zufällige Gebiete, und diese ohne organischen Zusammenhang bekannt wurden. Da ihm andererseits die Grundsätze geläufig sein werden, nach denen harmonische Farben gefunden werden können, wird sich das bisherige Gefühl des Farbkünstlers, einer unbegrenzten Mannigfaltigkeit hilflos gegenüber zu stehen und für die gesuchten Harmonien auf Glücksfunde angewiesen zu sein, in das entgegengesetzte Gefühl eines sicheren Könnens auf fester Grundlage verwandeln.

Was hier für das letzte Ergebnis des Unterrichts dargelegt wurde, gilt ähnlich für seine ersten Anfänge. Läßt man den Schüler zu Anfang nur drei oder fünf bestimmte Graustufen, acht bestimmte Farbtöne usw. sich einprägen, so sieht er sich klar erfaßbaren Verhältnissen gegenüber, die er bald beherrschen lernt, als Grundlage für die späteren Erweiterungen des Lehrziels bis auf sämtliche Farben des Farbkörpers.

Es ist nicht schwer, einen zusammenhängenden Text von 680 Worten, z. B. ein Gedicht, auswendig zu lernen. Es ist aber unmöglich, eine Million zufällig zusammengeworfener Wörter, die teils zusammenhängen, teils nicht, auswendig zu lernen. Dieser Gegensatz kennzeichnet die unterrichtlichen Möglichkeiten der neuen Farbenlehre und dessen, was man bisher in Ermangelung einer besseren Farbenlehre nennen mußte.

Summa. Im vorstehenden konnten und sollten nur einige wenige Stichproben der wohltätigen Folgen ge-

geben werden, welche die grundsätzliche Normung der Farben mit sich bringt. Jeder Fachmann, er sei Hersteller, Wiederverkäufer oder Verbraucher farbiger Gegenstände, mag den Grundsatz auf die Verhältnisse anwenden, die ihm berufsmäßig geläufig sind, und seine Wirkung in Gedanken erproben: in jedem Falle wird das Ergebnis ein gewaltiger Fortschritt gegenüber dem bisherigen Zustande der Verwilderung und Unordnung sein. Und dabei handelt es sich nicht, wie wiederholt betont sein mag, um die stets mühselige und kostspielige Ersetzung von Vorhandenem durch ein Neues, das gleichzeitig ein Besseres sein soll, sondern die vorgeschlagene Ordnung tritt als erste gleichsam im leeren Raume auf. Sie hat nichts zu verdrängen, weil nichts vorhanden war, und es werden keine Werte unbrauchbar, weil nichts Brauchbares bestand. Nur eine Gefahr droht der Sache. Bismarck bemerkt gelegentlich, daß es für den Deutschen genügt, daß ein anderer Deutscher einen Gedanken mit Eifer vertritt, um ihn zu einem ebenso eifrigen Gegner dieses Gedankens zu machen, auch wenn er bisher sich überhaupt nicht um die Sache gekümmert hatte. Ich darf es nicht in Abrede stellen: es sprechen sehr deutliche Anzeichen dafür, daß dieses nationale Übel auch heute noch nicht überwunden ist. Aber vielleicht bringt der harte Druck der Zeit den damit Behafteten zum Bewußtsein, daß eine derartige Energievergeudung heute nicht verzeihlich wäre.

Elftes Kapitel.

Die Harmonie der Farben.

Älterer Zustand. Die allgemein verbreitete Überzeugung, daß zwischen den Farben ebenso harmonische Beziehungen bestehen, wie zwischen den Tönen, beruht auf Erfahrung. Die Natur zeigt uns an manchen Beispielen, wie Schmetterlingsflügeln, Blumen, Mineralien usw., harmonische Farben. Auch hat es jederzeit Männer und Frauen gegeben, welche bei freier Verfügung über die Farbe harmonische Wirkungen zu erzeugen wußten, sei es in Schöpfungen der freien, sei es der angewandten Kunst. Aber diese Begabung ist selten, und nicht viel häufiger ist eine klare und sichere Empfindung dafür, ob eine gegebene Farbenzusammenstellung harmonisch wirkt oder nicht. Der allgemeine Zustand ist vielmehr der einer großen Unsicherheit der Farbe gegenüber, die zwischen urteilsloser Bewunderung dessen, was aus irgendwelchen äußeren Gründen als schön gilt, und ebenso urteilsloser Verurteilung anderer Werke haltlos hin und her schwankt, soweit man nicht überhaupt auf jedes positive und negative Urteil mit der Begründung verzichtet, daß über den Geschmack nicht zu streiten sei.

Dieser zweite Standpunkt ist zweifellos der bessere, weil er der ehrlichere ist. Denn wenn man auch zugeben wird, daß es gewisse Farbharmonien gibt, die von der Mehrzahl als positiv schön oder wenigstens angenehm anerkannt werden, so mußte doch alsbald zu-

gefügt werden, daß nichts darüber gesagt werden konnte, warum gerade diese Zusammenstellungen schön wirken und andere nicht. Da es somit keine Gründe gab, warum die eine Farbengruppe harmonisch ist, die andere aber nicht, so ließen sich im gegebenen Falle auch keine Gründe für und wider anführen. In solch einem Falle ist aber ein fruchtbarer, zur Klarheit führender Streit nicht möglich.

Die Ursache dieses Mangels läßt sich gegenwärtig klar aufweisen. Alle harmonischen Beziehungen sind notwendig gesetzmäßige, durch welche bestimmte Zusammenhänge (Gegensätze sind auch eine Art des Zusammenhanges) zwischen den gleichzeitig wirkenden Farben gegeben werden. Von solchen Zusammenhängen war aber bisher nichts bekannt als die Beziehung der Gegenfarben bei den Farbtönen. Und selbst diese Kenntnis war verfälscht durch die falsche Überlieferung, nach welcher Veil und Gelb, Blau und Kreß Gegenfarben sein sollten. Nun ergab die Beobachtung, daß zwei Gegenfarben zuweilen gemeinsam eine gute Wirkung taten, viel häufiger aber eine üble. Es gelang nicht, herauszubekommen, wann der eine Fall eintrat und wann der andere, und so ist die Literatur der Farbästhetik erfüllt von völlig widersprechenden Urteilen über den harmonischen Wert der Gegenfarbenpaare.

Wir wissen jetzt, daß durch die Gegenfarbenbeziehung nur zwei Farbtöne festgelegt werden, daß aber jeder Farbton nach Verhältnis der zugemischten unbunten Anteile in sehr verschiedenen Farben erscheinen kann; in unserer größeren Ordnung sind es 105, in der kleineren 28. Führt man einen Aufstrich von bestimm-

ter Farbe an einer Sammlung seiner Gegenfarben vorbei (z. B. eine Raute aus dem linken Dreieck von Tafel III längs aller Rauten des rechten Dreiecks), so kann man unmittelbar erkennen, daß es nur wenige Farben gibt, neben denen die gegebene gut aussieht; alle anderen Zusammenstellungen wirken unharmonisch.

Dies führt unmittelbar auf den größten Fehler, den die bisherigen Versuche einer Farbharmonik enthielten und enthalten mußten, weil man ihn nicht vermeiden konnte. Man glaubte, daß die Harmonie durch den Farbton allein schon bestimmt sei und vergaß darüber ganz nach etwaigen anderen Einflüssen zu fragen. Und wenn man auch gefragt hätte, so hätte man keine Antwort bekommen. Denn die beiden anderen Elemente, nämlich Weiß und Schwarz, waren als wesentliche Bestandteile der wirklichen Farben nicht erkannt und anerkannt. Vielmehr plagte man sich vergeblich, mit Hilfe von Reinheit und Helligkeit, die als Elemente neben dem Farbton galten, eine Ordnung der Farben herzustellen. Dies gelang so wenig, daß an eine Verwertung dieser untauglichen Mittel zur Aufstellung harmonischer Beziehungen überhaupt nicht gedacht wurde. Allerdings haben die Künstler, welche die Gabe besaßen, Farbharmonien zu empfinden und zu finden, erfahrungsmäßig diese Widersprüche und Unzulänglichkeiten kennen gelernt, da sie ein Gefühl für jene Zusammenstellungen besaßen, welche einen angenehmen Eindruck ergeben. Ihr Hauptsatz lautet, daß die Farben gleiche „Valör" haben müßten, um gut zu wirken. Wie aber diese Gleichheit zu definieren und herzustellen ist, konnten sie nicht angeben. Hier blieb nur die Berufung auf das

„Gefühl" übrig, welches einzelne besaßen, die Mehrzahl aber nicht. — Gegenwärtig wissen wir genau, was gleiche Valör ist. Es ist gleicher Weiß- und Schwarzgehalt: gleiche Valör haben Farben, deren Zeichen dieselben Buchstaben enthalten. Hiernach kann sie jeder herstellen, der das Meßverfahren kennt.

Zu jenen Schwierigkeiten kam noch ein besonderes Irrlicht, das Ungezählte in den Sumpf gelockt hatte, nämlich der Gedanke, die auf den Schwingungszahlen der Töne beruhenden Gesetze der musikalischen Harmonie auf die Schwingungszahlen der Lichter zu übertragen, welche die Farbempfindungen im Spektrum bewirken. Man übersah, daß die Körperfarben durchaus nicht mit den Farben des Spektrums gleichgesetzt werden können. Denn in diesen fehlen Braun, Olivgrün, Grauorosa, Blauschwarz und unzählige andere Farben, die wir in unserer Umwelt sehen, nämlich das ganze Reich der trüben Farben. Und selbst der Farbkreis ist im Spektrum nicht vollständig vertreten, da das Gebiet zwischen Rot und Blauveil (7 bis 12) fehlt. Die Spektralfarben sind nämlich unbezogen (S. 37) und zeigen daher eine viel geringere Mannigfaltigkeit als die (bezogenen) Körperfarben.

Dazu kommt, daß die Vorgänge im Ohr beim Hören der Töne auf der physikalischen Betätigung der Schwingungszahlen beruhen, die Vorgänge im Auge beim Sehen der Farben aber sicherlich nicht, weil gleiche Farbempfindungen durch ganz verschiedene Wellenlängen (bzw. Gemische solcher) bewirkt werden können. Es ist also ein ähnliches Verhalten beider Empfindungsgruppen hier grundsätzlich ausgeschlossen.

Trotz dieser Tatsachen und trotz des immer erneuten Mißerfolges bei dem Versuch einer solchen Übertragung, vom Farbenklavier des Pater Castel im 18. Jahrhundert bis in unsere Zeit, haben diese Bemühungen nicht aufgehört. Sie konnten vermutlich nicht aufhören, weil man eine andere Führung in das Wunderland der farbigen Harmonien nicht zu finden vermochte. Wie die Adepten, die nach dem Stein der Weisen und dem Perpetuum mobile suchten, glaubte jeder, trotz der Mißerfolge seiner Vorgänger, daß gerade ihm der Glücksfund beschieden sein würde.

Gegenwärtig ist dies anders geworden. Mit dem Einzug von Maß und Zahl in die Farbenlehre, also seit 1915, ist die Aufstellung zahlenmäßiger Gesetze möglich geworden, und auf Grund dieser Gesetze lassen sich auch die einfachsten harmonischen Verhältnisse zwischen den Farben feststellen. Der Erfolg ist so unmittelbar gewesen, daß z. B. für die Farbgebung der Porzellane in der altberühmten Meißener Porzellanmanufaktur alsbald eine Reform auf Grund der neuen Erkenntnisse mit bestem Erfolg durchgeführt wurde. Es ist nur eine Frage der Arbeit und somit der Zeit, daß überall die neue Farbharmonik durchgreifend zur Anwendung kommt.

So steht zu hoffen, daß jener alte Irrweg endlich verlassen wird.

Der Hauptsatz der Farbharmonik. Die ganze Lehre von der Harmonie der Farben läßt sich aus folgendem Satz entwickeln, der daher mit vollem Recht den Namen des Hauptsatzes führt.

Gesetzlichkeit = Harmonie. Das heißt: damit Farben harmonisch wirken, müssen sie durch ein Gesetz

miteinander verbunden sein. Und umgekehrt: bestehen gesetzliche Beziehungen zwischen Farben, so wirken sie harmonisch.

Wir haben also in dem Farbkörper nur die verschiedenen gesetzlichen Beziehungen aufzusuchen, die zwischen seinen Farben bestehen, und finden alle denkbaren und möglichen Harmonien, wenn wir alle denkbaren und möglichen gesetzlichen Verbindungen nach den Regeln der Kombinatorik entwickeln. Die Hauptergebnisse einer solchen Arbeit, die ich in meiner „Harmonie der Farben" ausgeführt habe, seien nachfolgend in Kürze mitgeteilt.

Graue Harmonien. Bereits an der Schwelle dieser Untersuchung treffen wir auf eine Frucht der wissenschaftlichen Arbeit, welche von der Gesamtheit aller Künstler und Farbkundigen, welche die Menschheit hervorgebracht hatte, bisher übersehen worden ist, so köstlich sie sich erweist. Es sind dies die grauen Harmonien. Wer hat jemals daran gedacht, daß auch zwischen grauen Farben harmonische und unharmonische Verbindungen möglich sind? Wir aber brauchen nur den Hauptsatz anzuwenden, um alsbald die einen und die anderen zu finden. Und das psychologische Experiment bestätigt restlos die Richtigkeit der Funde.

Welches ist die einfachste Gesetzlichkeit, die zwischen unbunten Farben bestehen kann? Da zwei Farben nur einen Abstand (oder Verhältnis) haben, so kann zwischen ihnen noch kein Gesetz walten, das zwei Größen in Beziehung setzt. Für drei Farben ist das einfachste Gesetz, daß ihre Abstände gleich sind. Und das ist auch das Gesetz, dem die grauen Harmonien unterliegen.

Da es sich hier durchaus um Empfindungen handelt, so kommt nur die psychologische Gleichabständigkeit nach dem Fechnerschen Gesetz in Frage. Nach diesem sind die unbunten Normen, die Stufen a c e g i l n p... geordnet. Hier liegt also auch unmittelbar das Material zur Erzeugung der Harmonien vor. Wenn wir ein Muster mit den unbunten Farben a c e, oder c e g, oder e g i usw. ausmalen, so muß es harmonisch wirken. Dasselbe gilt, wenn wir den Abstand verdoppeln und die Dreier a c i, c g l, e i n usw. nehmen. Endlich kann man auch den dreifachen Abstand nehmen und erhält die Gruppen a g n und c i p.

Es gehört zu den entzückendsten Überraschungen, die ich erlebt habe, als ich zum ersten Male alle diese Fälle (es sind im Ganzen 12) an demselben Muster ausführte und nun die Fülle schlichter und tiefer Schönheit genießen konnte, die sich hier offenbarte. Und auch den Gegenversuch habe ich nicht anzustellen unterlassen. Stellte ich Muster aus grauen Farben von verschiedenen Abständen zusammen, so verschwand der Reiz; das Muster war für den, der die grauen Harmonien noch nicht kannte „gewöhnlich", für den Kenner garstig geworden.

Die Ausführung grauer harmonischer Muster kann auf die verschiedenste Art erfolgen: Ausschneiden aus richtig gefärbten grauen Papieren, Auftragen von eingestellten Tünchen, Weben oder Sticken mit eingestellten Garnen usw. Überall empfiehlt es sich, die Einstellung auf die grauen Normen ein für allemal durchzuführen und mit dem eingestellten Material das Werk auszuführen.

Normen und Harmonien. Die aufmerksamste Beachtung verdient die Tatsache, daß die zunächst aus rein technischen Gründen genormten Farben alsbald sich auch als das richtige Material zur Erlangung von Schönheitswerten oder Harmonien erwiesen. Die Ursache dieses überraschenden Zusammenhanges liegt in der Gesetzmäßigkeit, welche für die Normen als maßgebend angenommen wurde. Die Punkte wurden gleichabständig gewählt, damit das ganze Gebiet gleichförmig von der Normung erfaßt oder bedeckt wurde; jede andere Ordnung würde zwecklose Nachteile bewirkt haben. Die Gleichbeständigkeit als das einfachste der möglichen Gesetze ist aber nach dem Hauptsatz auch die Quelle der Harmonie.

Wir haben deshalb Grund zu der Annahme, daß auch in den anderen Teilen der Farbwelt die Normen unmittelbar zu den Harmonien führen werden. Die Erfahrung bestätigt diese Voraussicht allerseits. Nirgend ist der altbekannte Zusammenhang zwischen Zweckmäßigkeit und Schönheit so eng wie hier.

Die Harmonien des farbtongleichen Dreiecks. Der Doppelkegel des Farbkörpers zeigt zwei Arten des geometrischen Zusammenhanges seiner Punkte: Zunächst die „Hauptschnitte", die man erhält, wenn man Ebenen, welche die Achse in sich aufnehmen, durch den Farbkörper legt. Sie ergeben die wohlbekannten farbtongleichen Dreiecke, in denen jeweils alle Abkömmlinge eines bestimmten Farbtons enthalten sind. Zweitens die wertgleichen Kreise (S. 121), die aus je 24 Farben verschiedenen Farbtons, aber gleichen Gehalts an Weiß und Schwarz

bestehen. Sie haben ihre Mittelpunkte alle in der Achse, sind von verschiedener Größe je nach der Lage ihrer Farben im Farbkörper und ihre Ebenen stehen senkrecht zur Achse und zu den Ebenen der farbtongleichen Dreiecke. In diesen Gebilden sind die Farben enthalten, welche durch die einfachsten Gesetze verbunden sind, die man sich ausdenken kann: Gleichheit des Farbtons bei den Dreiecken, Gleichheit des Gehalts an Weiß, Schwarz und Vollfarbe bei den Kreisen. Dort werden wir also auch die einfachsten und verständlichsten Harmonien suchen dürfen mit der Sicherheit, sie auch zu finden.

Wir betrachten zunächst das farbtongleiche Dreieck. Die wahllose Zusammenstellung von irgendwo belegenen zwei oder drei Farben gleichen Farbtons ist noch zu wenig gesetzlich für die Entstehung einer Harmonie. Wir finden eine bestimmtere Gesetzlichkeit, wenn wir auf die Zweifaltigkeit dieser Ordnung verzichten und unsere Harmonien in geometrisch ausgezeichneten Linien oder Reihen suchen, die sich im Dreieck finden. Solche kennen wir bereits: es sind die Parallelen zu den Dreieckseiten, in denen die Reingleichen oder Schattenreihen, die Weißgleichen und die Schwarzgleichen liegen. Jede dieser Reihen besteht aus einer Anzahl von Farben, 1—8. Aus solchen Farben werden sich Harmonien ergeben, wenn 3 oder mehr gesetzlich verbunden werden. Wie das geschieht, ist soeben an der unbunten Reihe gezeigt worden: man wählt Farben gleichen Abstandes und bildet aus ihnen die Muster.

Die Schattenreihen. Am nächstliegenden ist dies bei den Reingleichen, die parallel der unbunten Seite

w s des Dreiecks liegen. Jene w s-Seite ist ja selbst eine Reingleiche, deren Farben alle die gleiche Reinheit Null haben. So kann man innerhalb jeder Reingleichen eine entsprechende Anzahl Harmonien bilden; da diese Reihen aber nach der vollfarbigen Ecke zu immer kürzer werden, so nimmt die Anzahl der möglichen Fälle schnell ab. Es sind abgesehen von den 12 unbunten Fällen deren 22 in jedem Dreieck, also 528 in allen 24 Dreiecken.

Nun gilt für die vorliegenden Untersuchungen, die ja durchaus Empfindungen betreffen, nicht das analytische, sondern das logarithmische Dreieck (S. 86) und der entsprechende Farbkörper. In diesem fassen die Parallelen zur w s-Seite nicht die Reihen gleicher analytischer Reinheit zusammen, sondern gleicher psychologischer Reinheit. Die analytischen Reingleichen sehen nämlich keineswegs gleich rein aus. Stellt man solche dar, indem man z. B. auf der Drehscheibe auf 20 reinste Farbe 80 Weiß, Grau, Schwarz nimmt, so findet man, daß das Gemisch aus 20 Vollfarbe und 80 Weiß kaum eine Spur der Buntfarbe erkennen läßt, während die gleichen 20 Vollfarbe mit 80 Schwarz eine reich und tief gefärbte Mischung ergeben, in welcher die Buntfarbe kaum getrübt erscheint.

Die Erklärung für diese auffallenden Verhältnisse, die für alle Farbtöne gültig sind, ergibt sich aus den S. 85 dargelegten Gesetzen, nach denen die Vollfarbe sich dem Weiß gegenüber wie Schwarz verhält, dem Schwarz gegenüber aber wie Weiß. Nun verschwinden zufolge des Gesetzes von Fechner die ersten Anteile Schwarz im Weiß für die Empfindung; sie ertrinken

gleichsam darin. Das gleiche geschieht mit Vollfarbe gegenüber Weiß. Andererseits ist Schwarz gegen kleine Mengen Weiß sehr empfindlich. Ebenso ist es Schwarz gegen kleine Mengen Vollfarbe, die alsbald ihren Farbton geltend machen. Die Folge hiervon ist die oben beschriebene Erscheinung, daß in Gemischen gleichen Anteils Vollfarbe oder gleicher Reinheit der Farbton sich um so kräftiger geltend macht, je mehr sich der beigemischte unbunte Anteil dem Schwarz nähert.

Wir müssen also schließen, daß zur Erzielung eines gleichfarbigen Eindrucks ein bestimmtes anderes Verhältnis eingehalten werden muß, indem der Gehalt an Vollfarbe bei den dunkleren Stufen in dem Maße abnimmt, daß der durch die Verminderung des Weiß bewirkte Gewinn an Farbigkeit gerade ausgeglichen wird. Dies geschieht in einer besonderen Art von Reihen, den Schattenreihen.

Um alsbald eine Anschauung von diesen zu gewinnen, betrachte man auf Tafel III die senkrecht untereinanderstehenden Rauten oder die Reihen, die der mittleren Graureihe des Hauptschnittes parallel sind. Bei ihnen ist diese Forderung gleicher Farbigkeit praktisch erfüllt. Sie bilden also Schattenreihen.

Die gleichen Reihen kann man auf verschiedene Weise selbsttätig entstehen lassen, indem man eine gegebene Körperfarbe beschattet oder erhellt; dies ist die Ursache ihres Namens. Wenn man den Versuch von S. 14 mit irgendeiner Farbe wiederholt, so bilden die Farben, die in der Öffnung der oberen Karte erscheinen, solche Schattenreihen. Es ist dabei gleichgültig, ob man die Abstufungen durch Beschattung oder

Erhellung der oberen weißen oder der unteren bunten Karte erzeugt; in beiden Fällen entstehen die gleichen Farben.

Die Kenntnis solcher Schattenreihen ist von größter Wichtigkeit für den Maler. Denn sie stellen sich auf jedem gleichförmig gefärbten Gegenstande ein, dessen verschiedene Teile verschiedene Mengen Licht empfangen. Dies wird im allgemeinen durch ihre Form oder Gestalt bedingt; daher dient umgekehrt die „Schattierung" oder die Anbringung von Farben aus der zugehörigen Schattenreihe als wichtigstes Mittel, um die Gestalt der dargestellten Gegenstände auszudrücken. Je nachdem hierbei die richtigen Reihen eingehalten werden oder nicht, entstehen die außerordentlich großen Unterschiede in der Naturwahrheit, mit welcher die verschiedenen Künstler ihre Werke auszustatten wissen.

In den älteren Zeiten der Malerei bewirkte man die Schattierung einfach dadurch, daß man den Farbstoff mit mehr oder weniger Weiß vermischte. Auf solche Weise entstehen aber nicht Schattenreihen, sondern (bei reinfarbigen Pigmenten) annähernd hellklare, d. h. schwarzgleiche Reihen, die von den Schattenreihen sehr verschieden sind, wie man sich durch einen Blick auf Tafel III alsbald überzeugen kann. Die berühmte Entdeckung des Helldunkels durch Lionardo da Vinci, von der die Kunsthistoriker so viele schöne Worte und so wenig sachliche Aufklärung zu sagen wissen, besteht in der Erkenntnis, daß die wirklichen Schattenreihen viel mehr ins Graue gehen, als die bis dahin gebrauchten Pigment-Abstufungen. Die große Annäherung an die Naturwahrheit, die er dadurch erreichte und die

den Zeitgenossen beinahe zauberhaft erschien, ist der Hauptgrund des ungewöhnlichen Ansehens, das Lionardo mit Recht gezollt wurde.

Der Schattenkasten. Für die Ausbildung des werdenden Farbkundigen sind wenige Dinge so wirksam, wie eine genaue Kenntnis der richtigen Schattenreihen. Man kann sie sich durch eine einfache Vorrichtung erwerben, die zuerst (für andere Zwecke) von E. Hering angegeben worden ist, und die der Schattenkasten genannt werden soll. Er besteht (Fig. 16) aus einem innen geschwärzten Kästchen, dem eine der Seitenwände fehlt. Man stellt es mit dieser Öffnung gegen das Licht. In der Mitte der oberen Seite befindet sich ein rundes Loch, 3,5 cm weit, und quer durch die beiden Seitenwände geht eine drehbare Achse, auf der ein Träger für die farbigen Aufstriche angebracht ist, deren Schattenreihen man untersuchen will.

Man legt eine weiße Karte mit einer sauber gestanzten runden Öffnung von 3 cm auf die Oberseite des Schattenkastens über die dort befindliche Öffnung. Schaut man von oben darauf, so sieht man in der Öffnung der Karte die Farbe des Aufstriches erscheinen. Je nachdem man den Träger mittels seiner Achse dreht, wird der Aufstrich stärker oder schwächer beleuchtet, so daß man von einer hellen Farbe bis zum Schwarz eine stetige Reihe von Farben erhält, die eine genaue Schattenreihe bilden.

Um diese Farben festzuhalten, muß man lernen, sie herzustellen. Man versucht (am besten mit Deckwassertünchen) eine eingestellte Farbe nachzuahmen, indem man das Blatt, auf dem gemalt wird, neben

die Öffnung auf die Oberseite des Kastens legt. Um das Ergebnis genauer zu vergleichen, schneidet man den hergestellten Aufstrich mit einer Schere ab, so daß er eine saubere Kante bildet, legt das Blatt so unter die obenliegende weiße Karte, daß die halbe Öffnung vom Aufstrich eingenommen wird, und betrachtet nun die Öffnung, in der die nachzuahmende Farbe unmittelbar neben der Nachahmung erscheint. Man kann so auf das genaueste beurteilen, wieweit die Kopie gelungen ist, und erkennt gleichzeitig, in welchem Sinne sie etwa verbessert werden muß.

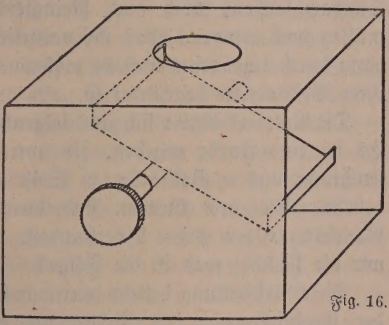


Fig. 16.

Dann wird die untere Farbe durch Drehen der Achse auf eine dunklere Farbe eingestellt, die man in gleicher Weise kopiert. So kann man fortfahren, bis man 4 bis 6 Schattenstufen hergestellt hat. Die gleiche Arbeit wird für andere Ausgangsfarben durchgeführt. Man hätte allerdings jahrelang zu arbeiten, um für alle vorkommenden Ausgangsfarben dergestalt die Schattenreihen aufzustellen. Für den Anfang wird ein Dutzend oder zwei genügen, um die allgemeine Beschaffenheit dieser Reihen auch von der Seite der malerischen Technik kennen zu lernen; späterhin kann man ja im praktischen

Fall mit dem Schattenkasten jede Reihe herstellen, deren man bedarf.

Alle diese Arbeiten werden entbehrlich, wenn man sich eingestellter Tünchen bedienen kann.

Theorie der Schattenreihen. Nachdem die allgemeine Bedeutung und die praktische Herstellung der Schattenreihen gelehrt worden ist, muß noch die Frage nach ihrer begrifflichen Definition erledigt werden. Wir haben uns überzeugt, daß sie weder Weiß- noch Schwarzgleichen, noch auch Reingleichen sind, und müssen doch erwarten, daß ihr natürlicher Zusammenhang durch irgendeine einfache zahlenmäßige Beziehung ihrer Bestandteile begründet ist.

Die Antwort ergibt sich aus folgender Betrachtung. Es sei eine Farbe gegeben, die unter normaler Beleuchtung aus v Vollfarbe, w Weiß und s Schwarz besteht. Die drei Größen sind durch die bekannte Gleichung $v+w+s=1$ verbunden. Nun beschatten wir die Fläche; was ist die Folge?

Diese Beschattung besteht darin, daß nunmehr statt der Einheitsmenge des Lichts nur ein Bruchteil b davon auf die Fläche fällt. Infolgedessen wird auch nur ein entsprechender Bruchteil der Vollfarbe und des Weiß zurückgeworfen, nämlich bv und bw. Was das Schwarz anlangt, so wird es nicht etwa auch auf bs vermindert. Denn da es überhaupt kein Licht zurückwirft, so ändert sich nichts hieran, ob viel oder wenig Licht auf die Fläche fällt. Aber das Schwarz bleibt doch auch nicht unverändert. Denn da in der beschatteten Farbe nur noch bv und bw Vollfarbe und Weiß vorhanden sind, so muß zur Erfüllung der

Gleichung $v + w + s = 1$ das Schwarz um so viel zugenommen haben, als an Vollfarbe und Weiß weniger vorhanden ist. Nennen wir s' die neue Schwarzmenge, so gilt nunmehr die Gleichung $bv + bw + s' = 1$ oder $b(v + w) + s' = 1$.

Hieraus geht hervor, daß die Schattenreihen dadurch gekennzeichnet sind, daß in ihnen zwar das Verhältnis zwischen Vollfarbe und Weiß unverändert bleibt, indem beide mit dem gleichen Bruch b multipliziert werden, daß aber das Schwarz in dem Maße zunimmt, als der Bruch b kleiner wird. Ist b endlich gleich Null, so ist $s' = 1$, d. h. die Farbe ist ein reines Schwarz.

Die Schattenreihen sind also farbtongleiche Reihen, in denen das Verhältnis zwischen Vollfarbe und Weiß unverändert bleibt, während beide zusammen zugunsten des Schwarz beständig bis Null abnehmen. Im analytischen Dreieck werden sie deshalb durch Gerade dargestellt, welche alle nach der s-Ecke laufen. Im logarithmischen Dreieck erscheinen sie dagegen als Gerade, welche senkrecht nach unten oder parallel der Graureihe (welche ja eine ausgezeichnete Schattenreihe ist) laufen, da dort der Schwarzpunkt im Unendlichen liegt.

Somit treten im logarithmischen Dreieck, das die Verhältnisse der Empfindungen bei den Farben darstellt, die Schattenreihen auf gleiche Stufe mit den Weiß- und Schwarzgleichen. Während diese den Seiten v s und v w des Dreiecks parallel sind, sind die Schattenreihen der Seite w s parallel. An praktischer Bedeutung übertreffen die Schattenreihen die beiden anderen.

Ton in Ton. Führt man mittelst der Schattenreihen Harmonien aus gleichabständigen Farben aus,

so erlebt man ähnliche freudige Überraschungen, wie sie bei den grauen Harmonien geschildert worden sind. Die Erzeugnisse erinnern an die Farbstellungen Ton-in-Ton, die bei Tapeten, Teppichen, Möbelstoffen von jeher gebräuchlich sind. Aber sie unterscheiden sich von ihnen in der schönheitlichen Wirkung wie der Gesang eines wohlgeübten Chors von dem Durcheinander einer Volksmasse. Die gewöhnliche Herstellung solcher Reihen durch Aufhellen aus einem Farbstoff führt ja nicht zu den beabsichtigten Schattenreihen (S. 143). Dazu kommt noch ein besonderer Fehler, den die wenigsten kennen. Hellt man eine Farbe durch Zumischen von Weiß oder dünneres Auftragen schrittweise auf, so lehrt die Messung, daß in beiden Fällen der Farbton nicht genau eingehalten wird. Die Abweichungen folgen in beiden Fällen der gleichen Regel. Je mehr der Zusatz von Weiß oder Schwarz beträgt, um so stärker weicht der Farbton nach Grün hin ab. Das Grün 21 ist ungefähr der Punkt, welcher diese merkwürdige Anziehung ausübt. Sie ist am stärksten für die Farben 3 und 15, welche im Farbkreise um einen rechten Winkel (6 Punkte) von 21 abstehen, und nimmt sowohl bei der Annäherung an 21 wie bei der an 9 ab. Grün 21 ändert sich gar nicht, aber auch Rot 9 bleibt unverändert im Farbton. Denn wenn darin beim Übergang nach Unbunt Grün 21 entstände, so würde es mit Rot 9 nur Grau bilden können, müßte also den Farbton unverändert lassen.

Vermöge dieser Abweichung kennen die Maler aus ihren Mischungserfahrungen nur um 9 und 21 einigermaßen richtige hell- und dunkelklare Reihen. Was im

Gelb und Blau dafür genommen wird, ist durch die eben beschriebene Abweichung entstellt. Wenn man daher die richtigen Reihen auf Grund wissenschaftlicher Messungen herstellt, so machen sie, da auch die Nichtmaler durch die von den Malern stets gezeigten falschen Reihen in ihrem Urteil beeinflußt sind, einen ungewohnten Eindruck. Die nach Unbunt liegenden richtigen Stufen erscheinen zu rot, weil wir die zu grünen für die richtigen halten. Aber das unbeeinflußte natürliche Urteil entscheidet sich bald für die richtigen Reihen, wenn man nebeneinander dasselbe Ornament einerseits mit der üblichen falschen, andererseits mit der ungewohnten richtigen Reihe ausführt. Die richtige wird bald als „vornehmer" oder „künstlerischer" beurteilt.

Es ist zur Zeit kein Mittel bekannt, selbsttätig richtige Schattenreihen in Gestalt von Tünchen herzustellen. Man muß sie einer Sammlung genau eingestellter Tünchen, einer „Farborgel" entnehmen, oder nach einer richtigen Vorlage, z. B. dem „Normenatlas" nachmischen. Dasselbe gilt für die weiß- und schwarzgleichen Reihen.

Die anderen farbtongleichen Reihen. Ganz in derselben Weise, wie dies für die Schattenreihe oben (S. 148) angegeben wurde, kann man aus weiß- und schwarzgleichen Reihen Harmonien gleichabständiger Farben bilden. Führt man sie aus, so hat man zwar wieder die Empfindung der Gesetzlichkeit und somit der Harmonie. Aber die Werke wirken viel fremdartiger, und zwar die schwarzgleichen am meisten.

Dies rührt daher, daß wir im Gegensatz zu den alltäglichen Schattenreihen diese anderen kaum jemals erleben. Dafür vermitteln sie neuartige Eindrücke und

werden in dem Maße an Bedeutung gewinnen, je mehr wir im Laufe der Zeit mit den richtigen Farbharmonien vertraut werden.

Grau-bunte Harmonien. Von großer praktischer Bedeutung ist die Tatsache, daß jede Weiß- oder Schwarzgleiche in der unbunten Seite des Dreiecks endet und dort als Schlußpunkt ein Grau hat, dem jedesmal das Buchstabenzeichen zukommt, welches den Farben der Reihe gemeinsam ist. Ein Blick auf Fig. 15, S. 103 macht dies anschaulich. Dadurch werden wichtige gesetzliche Beziehungen zwischen bunten und unbunten Farben hergestellt, welche köstliche Harmonien ergeben, die man bisher bewußt nicht herzustellen verstand.

Ist irgendeine Buntfarbe, z. B. 6 l g gegeben, so gehört sie erstens einer Weißgleichen an, die mit dem Grau l endet, zweitens einer Schwarzgleichen, die mit dem Grau g endet. Die drei Farben 6 l g, l und g bilden daher eine Harmonie aus zwei grauen Farben und einer bunten. Jede der 28 Farben eines Dreiecks kann derart Glied einer Harmonie werden, und es gibt daher $24 \times 28 = 672$ solche Harmonien.

Führt man sie aus, so erlebt man eine neue Gruppe bisher unbekannter Schönheiten. Die selbstverständliche Feinheit und Sicherheit, mit der sich jedesmal die Buntfarbe in ihre graue Umgebung einfügt, so daß sie gar nicht anders sein kann, liefert einen neuen Beweis für die unausschöpfbare Fruchtbarkeit des Hauptsatzes.

Man kann diese Betrachtung erweitern, indem man von einer grauen gleichabständigen Harmonie ausgeht.

Dann gibt es drei Felder im Dreieck, die mit je zweien dieser grauen Farben verbunden sind, also drei Farben des Dreiecks, welche ergänzend harmonisch zu der grauen Harmonie hinzutreten können. Sei die gegebene Harmonie c g l, so sind die Felder der drei Buntfarben g c, l c, l g. Man wird nicht alle drei in demselben Werk bringen, sondern eine von ihnen, oder wohl auch zwei, wie g c und l g, die Glieder einer Schattenreihe sind. Die Anzahl der Fälle vervielfältigt sich entsprechend.

Die derart hergestellten Harmonien haben etwas ungemein Gewinnendes. Während sonst das Grau wegen Fehlens gesetzlicher Beziehungen die Rolle eines langweiligen oder überflüssigen Mitläufers spielt, nimmt es hier an dem Aufbau des Gesamteindruckes organisch teil und wirkt mit vollem Farbklang, der dem der Buntfarbe nicht nachsteht. Man kann nur wünschen und hoffen, daß diese neuen graubunten Harmonien für eine ganze Zeit den Farbstil beherrschen werden; ihr innerer Wert qualifiziert sie reichlich dazu.

Farbtonverschiedene Harmonien. Die zweite Hauptgruppe der farbigen Harmonien besteht aus solchen verschiedenen Farbtons. Damit sie gesetzlich zusammenhängen und eine Harmonie zu bilden fähig sind, müssen die anderen Veränderlichen, nämlich der Gehalt an Weiß und Schwarz (und damit der an Vollfarbe) gleich sein. Dies ist die genaue und erschöpfende Definition einer Beziehung, die den Künstlern seit langem erfahrungsmäßig wohlbekannt ist, wenn sie auch weder eine Begriffsbestimmung dafür geben konnten, noch ein Mittel, solche Farben mit Sicherheit ein-

zustellen. Sie nannten sie Farben gleicher Valör, und im Anschluß hieran nennen wir sie wertgleiche Farben.

Die seither ausschließlich beachteten Harmonien zwischen verschiedenen Farbtönen müssen an wertgleichen Farben beobachtet werden, wenn sie harmonisch sein sollen. Die Nichtachtung dieser wichtigen Voraussetzung, die auf Unkenntnis beruhte, war die Ursache der schwankenden und widersprechenden Urteile, die bisher über diese Fragen gefällt wurden.

Uns sind die wertgleichen Farben aus den früheren Betrachtungen geläufig: es sind die zu einem Farbkreise gehörigen, deren Farbzeichen die gleichen Buchstaben enthält, während der Farbton durch den ganzen Kreis wechselt. Demgemäß haben wir in der gebräuchlichen Normung 28 solche Farbkreise oder Gruppen von ca bis pn.

Man kann füglich diese 28 Kreise mit den Tonarten vergleichen. Denn jeder hat vermöge des bestimmten unbunten Gehaltes seinen besonderen Charakter. Mit fortschreitendem ersten Buchstaben gehen die Kreise von dem ganz lichten ca zum tieffarbigen pa über, wobei das Zeichen a für den kleinstmöglichen Schwarzgehalt die Klarheit oder Reinheit der Farbe erkennen läßt. Je weiter das zweite Zeichen von a bis n fortschreitet, um so mehr Schwarz enthält die Farbe, um so trüber und dunkler sieht sie aus. Der letzte Kreis pn erscheint wie eine Sammlung schwarzer Farben, die nur eben den bunten Anteil aus dem Dunkel erkennen lassen.

Nach einiger Einübung kann man sich beim Anblick des Farbzeichens das allgemeine Aussehen des zugehörigen Farbkreises sowie das der Einzelfarben ganz

wohl innerlich vergegenwärtigen. Man bedarf dieser Fertigkeit, wenn man selbständig und bewußt farbige Wirkungen ersinnen oder freie Werke der Farbkunst schaffen will. Sie entspricht der Fertigkeit des Notenlesens (mit innerer Musik) beim Tonkünstler.

Teilung des Farbkreises. Auch in einem wertgleichen Farbkreise sind so viele Einzelfarben, daß man nach bestimmteren Gesetzlichkeiten fragen muß, welche diese allzu große Freiheit zweckmäßig einschränken. Da der Kreis bereits nach dem psychologischen Grundsatz der inneren Symmetrie eingeteilt ist, so bedarf es keiner weiteren Bearbeitung nach dem Fechnerschen Gesetz, sondern gleiche Abstände in ihm können als empfindungsmäßig gleich angesehen werden. Der Kreis ist in solchem Sinne gleichteilig (homogen), wenn er auch in anderem Sinne (polare Ordnung der kalten und warmen, der hellen und dunklen Farben) sehr starke örtliche Verschiedenheiten aufweist.

Wenn also auch, wie die Erfahrung zeigt, jede Farbe eines wertgleichen Kreises mit jeder anderen zusammengestellt eine einwandfreie Harmonie zufolge der Wertgleichheit ergibt, so lassen diese verschiedenen Paare doch erhebliche Unterschiede ihrer Schönheit erkennen. Den Vorzug verdienen unter ihnen solche Zusammenstellungen, bei denen der Kreis gesetzmäßig, also zunächst gleichförmig geteilt ist.

Gegenfarben. Auch hier liefert der einfachste Fall die schlagendste Bestätigung. Von jeher sind alle Farbentheoretiker über den Schönheitswert der Gegenfarbenpaare einig gewesen, und wenn man solche auf physikalischem Wege, z. B. mittelst doppelbrechender

Kristalle im polarisierten Licht erzeugt, so wirken sie unmittelbar überzeugend.

Die Praktiker haben dagegen oft und laut Einwendungen gegen den Satz erhoben, daß Gegenfarben harmonisch seien, denn die meisten derartigen Paare sind unschön, wenn man sie willkürlich zusammenstellt. Der Widerspruch hat erst durch die Erkenntnis seine Lösung gefunden, daß die Gegenfarbenbeziehung nicht ausreicht. Es muß noch die Wertgleichheit dazu kommen, damit eine wirkliche Harmonie entsteht. Dies gilt ebenso für alle anderen Harmonien verschiedenen Farbtons, und die Nichtbeachtung dieser wesentlichen Bedingung hat alle bisherigen Erörterungen über Farbenharmonien so unfruchtbar und unbrauchbar für alle praktischen Anwendungen gemacht.

Ursache der Gegenfarbenharmonien. Die Quelle der harmonischen Beziehungen der Gegenfarben liegt in physiologischen Eigenschaften des Auges, vermöge deren jede Farbe ihre Gegenfarbe hervorruft. Wenn man unter scharfem Fixieren einen lebhaft gefärbten Fleck (z. B. eine rote Karte auf weißem Grunde) während einiger Minuten betrachtet und dann das Auge nach einer leeren Stelle des weißen Grundes wendet, so erscheint ein „Nachbild" der Karte in seegrüner Farbe. Schwarze Druckbuchstaben auf buntem Grunde erscheinen im Sonnenlicht in der Gegenfarbe des Grundes. Legt man auf einen bunten Grund eine graue Karte und überdeckt beides mit einem durchscheinenden Papier, so erscheint die graue Karte in der Gegenfarbe. Läßt man neben einem grauen Schatten einen bunten entstehen, so erscheint der graue in der Gegenfarbe des bunten.

Und so lassen sich noch viele ähnliche Erfahrungen anführen, nach denen jede Farbe ihre Gegenfarbe hervorruft oder, nach Goethes Ausdruck, fordert.

Zufolge dieser Erscheinungen sind wir mit den Gegenfarben vertraut und empfinden ihr objektives Erscheinen nebeneinander als etwas, was so sein muß, d. h. harmonisch.

Dies Vertrautsein hat indessen nicht verhindert, daß bis auf den heutigen Tag ein erheblicher Fehler bezüglich der Gegenfarben verbreitet ist. Zufolge einer alten und falschen Lehre unterscheidet man nur 6 Hauptfarben statt der richtigen 8, indem man die beiden Blau und die beiden Grün zusammenwirft. In einem solchen sechsteiligen Farbkreise liegen sich als Gegenfarben Gelb und Veil, Blau und Kreß, Grün und Rot gegenüber, die als Gegenfarben gelten, während die richtige Beziehung Gelb und Ublau, Kreß und Eisblau, Rot und Seegrün, Veil und Laubgrün ist. Fig. 16 zeigt innen den falschen, außen den richtigen Farbkreis.

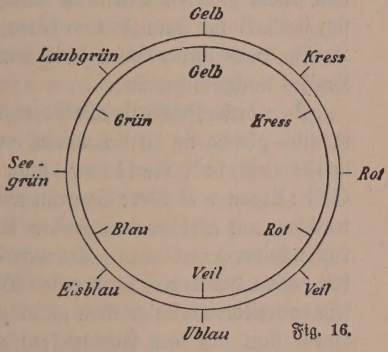


Fig. 16.

Der Fehler muß deshalb besonders betont werden, weil er noch immer sehr verbreitet ist und insbesondere auch den neueren Versuchen zur praktischen Ordnung der Farben (Farbentonkarte, Farbenmesser, Tintometer usw.)

zugrunde liegt. Alle diese Vorrichtungen müssen deshalb als unbrauchbar für exakte Arbeit bezeichnet werden.

Unterschiede der Gegenfarbenpaare. Ein Kreis ist in sich verschiebbar, weil jedes Stück jedem anderen ähnlich ist. Der Farbtonkreis hat aber keineswegs diese Eigenschaft; hier ist vielmehr jeder Punkt von jedem anderen wesentlich verschieden. Man muß sich deshalb vor dem Irrtum hüten, Beziehungen beim Farbtonkreis anzunehmen, die jener Eigenschaft des Kreises nachgebildet sind.

Einer dieser Fehler ist, alle Gegenfarbenpaare als harmonisch gleichartig zu behandeln, weil alle Kreisdurchmesser gleich sind. Nun braucht man aber nur die Paare Gelb : Ublau und Rot : Seegrün nebeneinander zu betrachten, um alsbald den großen Unterschied im Charakter beider zu erkennen. Die wesentlichste Verschiedenheit besteht darin, daß beim ersten Paar die Helligkeiten sehr verschieden, beim zweiten annähernd gleich sind. Bei jenem fügt sich dem Farbtonkontrast noch der Helligkeitskontrast zu, beim zweiten ist nur jener vorhanden.

In abgeschwächter Form besteht der Helligkeitskontrast auch bei den Paaren Kreß: Eisblau und Veil: Laubgrün.

Man darf also nicht erwarten, daß besondere künstlerische Wirkungen, die man bei einem bestimmten Gegenfarbenpaar beobachtet hat, bei allen anderen wiederkehren werden. Man muß vielmehr jedes Paar auf seine besondere Wirkung studieren und sich diese einprägen, um sie gegebenenfalls richtig zu verwenden.

Man wird durch diese Tatsache an die Klangverschiedenheit der Tonarten in der Musik erinnert.

Während diese aber gering und nur ausgebildeten Ohren vernehmbar sind, sind sie bei den Farben groß und auch dem Anfänger erkennbar. Das rührt daher, daß im Gegensatz zu den Tönen ein „absolutes" Farbgedächtnis allgemein verbreitet ist. Während auch unter den Musikalischen die Personen selten sind, welche von einem angegebenen Ton sagen können, daß er a oder cis usw. ist, sind umgekehrt auch unter den Ungeübten die Personen höchst selten, welche Rot mit Gelb oder Blau verwechseln. Das muß man beständig im Auge haben, wenn man Ähnlichkeiten zwischen Farbkunst und Tonkunst aufsuchen und verwerten will.

Andere Teilungen des Farbkreises. Außer der unmittelbaren Erfahrung über die gesetzliche Beziehung der Gegenfarben, aber im ursächlichen Zusammenhange mit ihr steht der Umstand, daß zwei Gegenfarben durch optische Mischung unbuntes Licht ergeben. Für den Farbforscher ist dies sogar die maßgebende Eigenschaft, auf welche die Ermittelung der Gegenfarbenpaare begründet wird (S. 91). Man kann also die beschriebenen Tatsachen dahin aussprechen, daß das Auge selbsttätig die Ergänzung jeder Farbe zu Unbunt anstrebt, so daß die fertige Darbietung dieser Ergänzung als befriedigend empfunden wird.

Dies legt den Gedanken nahe, aus dem Farbkreise mehr als zwei Farben so auszuwählen, daß sie zusammen Unbunt ergeben. Hierzu muß man den Farbkreis (aber den richtigen, nicht den falschen!) in 3, 4, 5, 6 usw. gleiche Teile teilen und erhält auf solche Weise Dreier, Vierer, Fünfer, Sechser usw., bei denen man besondere harmonische Beziehungen voraussetzen darf.

Bei den Farben werden nicht wie bei den Tönen kleine Abweichungen von der genauen Beziehung alsbald als Mißklang empfunden. Auch in dieser Beziehung besteht ein völliger Gegensatz. Während das gleichzeitige Erklingen der nächsten Tonstufen (kleine Sekunde) eine arge Dissonanz ergibt, kann man nahestehende Farbtonstufen mit Wohlgefallen nebeneinander sehen. Ein Spektrum, das alle Farben nebeneinander in den kleinsten Übergängen zeigt, ist ein wunderschöner Anblick. Ihm wäre vergleichbar, wenn man auf der Orgel alle 12 Töne einer Oktave gleichzeitig erklingen ließe: ein Ohrenschmaus, den man nicht versucht sein wird, wunderschön zu nennen.

Diese Unempfindlichkeit des Auges gegen kleine Verschiebungen bewirkt, daß wir in den Forderungen an die Genauigkeit der Einstellungen der Farbtöne durchaus nicht streng sind; hat man sich doch bis auf den heutigen Tag mit den falschen Gegenfarben des 6teiligen Kreises zufrieden gegeben. Zwar ist zweifellos das Auge einer Erziehung in solchem Sinne zugänglich; die allgemeinen Verhältnisse werden aber stets hier eine geringere Feinheit bedingen als bei der Musik.

Die Dreier. Ähnlich der Hälftung ergibt die Dreiteilung des Kreises erkennbare harmonische Beziehungen. Stellt man solche Dreier zusammen, wie die Farbtöne 1, 9, 17 oder 5, 13, 21, so gewinnt man angenehme Eindrücke, die zum Teil deutlich besser wirken, als die berühmte Triade der alten Italiener Kreß, Grün, Veil, die falsch ist.

Was besonders für das Bestehen harmonischer Beziehungen bei den Dreiern spricht, ist der Umstand,

daß auch die Paare harmonisch wirken, welche durch Fortlassung eines Bestandteils aus den Dreiern entstehen. Wo die Gegenfarben zu grell erscheinen, lassen sich solche unvollständige Dreier vielfach noch gut verwenden und ergeben einprägsame Zweiklänge. Auch diese fallen natürlich in den verschiedenen Teilen des Farbkreises recht abweichend aus. Während Zusammenstellungen im Gebiete 1 bis 17 sehr einleuchtend erscheinen, wird man zögern, die Zweier aus dem anderen Gebiete, die aus Grün und Blau in verschiedenen Verbindungen bestehen, sofort schön zu nennen.

Die blaugrüne Seite des Farbkreises. Dies rührt daher, daß uns im richtigen Farbkreise, wo die genauen Gegenfarben an den Enden je eines Durchmessers angebracht sind, die Ausdehnung des Blau und Grün meist zu groß erscheint. Es besteht durchaus keine Möglichkeit, dies abzuändern, da das erste Ublau sich ohne jeden Zweifel als Gegenfarbe des ersten Gelb 1 erweist und somit alle kressen, roten und veilen Farben in der ersten Hälfte des Farbkreises zusammensperrt. Für die andere Hälfte bleibt also unter allen Umständen nur Blau und Grün übrig. Wir haben beide in je zwei Stufen zerlegt, was sich auch bei eingehender Betrachtung überall rechtfertigt. Das ändert aber zunächst die Tatsache nicht, daß unsere Aufmerksamkeit sich gewohnheitsmäßig viel weniger auf die hier vorhandenen Unterschiede richtet, als auf die der Farben zwischen 1 und 13 und wir daher jene Unterschiede im Verhältnis zu diesen als kleiner auffassen.

Dies mag zum Teil daher rühren, daß diese Hälfte vorwiegend aus kalten Farben besteht. Ferner darf

man aber die Vermutung aussprechen, daß es sich hier um eine Rückständigkeit in der Entwicklung unseres Farbensinns handelt, die wahrscheinlich dadurch mit verursacht ist, daß dieses Gebiet bei den Farben der Blumen fehlt. Diese hören nämlich etwa bei 15 auf; eisblaue und seegrüne Blumen gibt es nicht, und das Grün der Blätter beginnt erst bei 22. So fehlt uns hier ein wichtiges Anschauungsmittel, und es scheint zweifelhaft, ob auch einer künftigen Zeit die Farbenstufen in der zweiten Hälfte des Kreises ebenso mannigfaltig erscheinen werden, wie die in der ersten Hälfte.

Vierer, Sechser usw. Weitere harmonische Beziehungen, welche durchaus die Kennzeichnung Goethes: charakteristisch verdienen (der sie nur zu eng begrenzt hat), entstehen durch Teilung des Kreises in 4, 6, 8 und 12 gleiche Abstände. Man tut gut, sich auf Teiler zu beschränken, die aus den Faktoren 2 und 3 gebildet sind, um die nächstliegenden Gesetzlichkeiten, die schon überaus zahlreiche Einzelfälle ergeben, zuerst kennen zu lernen. Ist doch auch hier noch so gut wie alles Neuland, in dem die Menschheit erst lernen muß, sich zurechtzufinden. Deshalb ist bei der Normalteilung des Farbtonkreises auch die Zahl 24 gewählt worden, welche den Faktor 5 nicht enthält.

Auch hier zeigt es sich, daß Zusammenstellungen von zwei oder drei Farben aus solchen Teilungen angenehmer wirken, als von allen zusammen. Man kommt dergestalt zu einer sehr großen Zahl mannigfaltigster Harmonien, die man früher nicht gekannt hat, weil die Bedingung der Wertgleichheit nicht erfüllt war.

Endlich wird man sagen können, daß auch jede

andere gesetzliche Ordnung der gewählten Farben im Kreise zu einer Harmonie führt, wenn sie nur einfach genug ist. Solche Ordnungsmittel sind Symmetrie, Gleichabständigkeit usw. Ihre Entwicklung würde hier zu weit führen; sie findet sich in meinem Buch: „Die Harmonie der Farben" (Leipzig, Verlag Unesma).

Der Ringstern. Die drei Reihen im farbtongleichen Dreieck (die Rein-, Weiß- und Schwarzgleichen) und die wertgleichen Kreise und die beiden Gebiete, aus denen gesetzliche Zusammenhänge und damit Harmonien entwickelt werden können. Andere natürliche Gruppen von gleicher Allgemeinheit gibt es nicht.

Wir kommen dadurch in die Lage, ganz allgemein die Frage zu beantworten, welche Farben zu einer gegebenen passen. Praktisch nimmt das Harmonieproblem ja fast immer diese Form an. Die Antwort ergibt sich aus folgender Überlegung.

Die gegebene Farbe nimmt irgendeinen bestimmten Punkt im Farbkörper ein. Wir legen zunächst durch diesen Punkt und die Achse des Farbkörpers eine Ebene. Diese ergibt das zugehörige farbtongleiche Dreieck. In diesem ziehen wir durch den Punkt die drei Seitenparallelen; sie ergeben die Rein-, Weiß- und Schwarzgleiche, welchen der Punkt angehört. In diesen Reihen liegen alle Farben, die mit der gegebenen farbtongleiche Harmonien bilden können. Es sind jedesmal 14 mit Einschluß der beiden grauen. Um die anderen brauchen wir uns nicht zu kümmern.

Ferner legen wir durch den Punkt der gegebenen Farbe den zugehörigen wertgleichen Kreis. Seine Ebene steht senkrecht auf der des Dreiecks. In diesem

Kreise liegen alle Farben, welche farbtonverschiedene Harmonien ergeben. Um die anderen brauchen wir uns nicht zu kümmern. Es sind 23, wenn man die gegebene Farbe nicht mitrechnet.

Diese $14 + 23 = 37$ Farben sind also die harmonische Gruppe erster Ordnung, die zu der gegebenen Farbe gehört. In ihr findet man alles, was mit ihr eine Harmonie (erster Ordnung) zu bilden fähig ist.

Legt man im Farbkörper durch den Farbpunkt die drei Reihen und den Kreis, so bilden sie einen sechsstrahligen Stern mit ungleich langen Armen, durch den senkrecht der Kreis hindurchgeht. Dieser „Ringstern" ist der anschauliche Ausdruck für die harmonischen Möglichkeiten der gegebenen Farbe. Aus seinen 37 Farben wählt man nach einem besonderen Gesetz, das man sich im Einklang mit den Erfordernissen der zu schmückenden Formen selbst auferlegt, diejenigen heraus, welche die angestrebte Wirkung am reinsten betätigen. Hier ist es, wo der Künstler sein Können offenbaren kann, denn die Zahl der Möglichkeiten ist Legion.

Harmonien höherer Ordnung. Wiewohl noch lange Zeit vergehen wird, bevor wir mit jenen halbwegs vertraut sein werden, ist es gut, schon jetzt einen Blick auf weitere Möglichkeiten zu richten, schon um das (unbegründete) Gefühl des Eingesperrtseins in einen zwar großen aber doch geschlossenen Käfig nicht aufkommen zu lassen. Man kann dem eben entwickelten Gedanken unbegrenzte Ausdehnung dadurch geben, daß man jeden harmonischen Punkt, den man der gegebenen Farbe zugesellt hat, zum Ausgangspunkte eines

neuen Ringsterns machen kann. Und daß man mit solcher Erweiterung noch Stufe für Stufe fortschreiten kann. Das ergibt tatsächlich unbegrenzte Möglichkeiten.

Wir sind noch sehr weit davon entfernt, sie zu brauchen. Der eben gegebene Hinweis hat daher viel mehr eine moralische als eine technische Bedeutung.

Formen. Mehrfach ist Anlaß gewesen, den Einfluß der Formen eines Werks auf die Wirkung der angewendeten Harmonien zu erwähnen. Um die hier liegenden Aufgaben wissenschaftlich zu erfassen, ist es nötig, eine Lehre von der Harmonie der Formen ähnlich der Farbharmonik zu entwickeln, und dann die Wechselbeziehung von Form und Farbe methodisch zu studieren.

Obwohl bei den Formen nicht wie bei den Farben ein Hindernis in der Kenntnis der Grundgesetze bestand — denn diese sind in der Geometrie der Menschheit seit rund drei Jahrtausenden geläufig, hat es doch bisher an einer methodischen Formharmonik gefehlt. Auf der Grundlage desselben Hauptsatzes: Gesetzlichkeit = Harmonie ist in letzter Zeit die Schaffung dieses Wissenszweiges möglich geworden (W. Ostwald, Die Harmonie der Formen. Leipzig 1922, Verlag Unesma). So kann auch jene dritte Wissenschaft: die schönheitliche Wechselwirkung von Farbe und Form grundsätzlich in Angriff genommen werden, und zwar gleichfalls auf Grundlage des allgemeinen Hauptsatzes Gesetzlichkeit = Harmonie.

Einiges möge bei diesem Anlaß über eine sehr häufig auftretende Sonderfrage gesagt werden, nämlich der Farbgebung in dem Falle, daß im Muster sehr un-

gleich große Flächen vorkommen. Hier kann man sich weitgehend mit dem Reimwort helfen: je kleiner, um so reiner. Solche kleine Flächen oder Linien werden am besten mit Farben ausgestattet, die um eine oder einige Stufen weiter nach der hellklaren Seite auf der zugehörigen Weißgleichen liegen.

Das Wort gilt aber nicht nur für relative Größen, sondern für absolute. Während für Werke der Kleinkunst die Farben so rein wie möglich gewählt werden, wirken solche auf großen Flächen schreiend und abstoßend. Je größer die Flächen sind, um so trüber darf man die Farbe nehmen, ohne an Wirkung zu verlieren. Man erkennt sofort, welche Bedeutung dieser Hinweis für die in jüngster Zeit lebhaft erörterte Frage der buntfarbigen Ausstattungen von Häuserfronten hat.

Schluß. Wenn man den letzten Teil von Goethes Farbenlehre: Über die sinnlich-sittliche Wirkung der Farben liest, so erkennt man, daß es sich dort um die gleiche Aufgabe handelt, deren Lösung in diesem Abschnitt dargelegt ist. Man erkennt, daß Goethe die harmonischen Beziehungen der Farben so behandelt, als wären sie ausschließlich durch den Farbton bestimmt. Und man erkennt weiter, daß durch den Mangel an Berücksichtigung der unbunten Bestandteile der Farben die Urteile und Regeln, welche Goethe für die gemeinsame Wirkung mehrerer Farben ausspricht, keine allgemeine Geltung haben und insbesondere dem werdenden Farbkundigen keine Führung durch die Welt der Farben gewähren können.

In dem Jahrhundert, das seit jenem großartigen Versuch, des alten Rätsels Lösung zu finden, vergangen

ist, hatte sich der Zustand der Angelegenheit fast gar nicht geändert. Bis heute mußten die Lehrer in den Kunst- und Gewerbeschulen, wenn sie diese Fragen behandeln wollten, auf Goethe zurückgehen. Entweder unmittelbar zum größeren Gewinn für sich und die Schüler, oder mittelbar, da die wenigen vorhandenen Lehrbücher bestenfalls nichts anderes boten, als den mehr oder weniger verwässerten Goethe.

Jetzt ist das anders geworden. Auf Grundlage der oben dargelegten zahlenmäßigen Gesetze, denen jede farbige Harmonie gehorchen muß, damit sie überhaupt eine Harmonie ist, lassen sich diese letzten Fragen der Farbkunst mit größter Bestimmtheit stellen und beantworten. Zwar erweisen sich die Verhältnisse durch die Einbeziehung der unbunten Anteile unvergleichlich viel mannigfaltiger, als Goethe annahm. Die Mannigfaltigkeit ist aber keine unbestimmt zerflossene, sondern eine in jedem Punkte erfaßbare und erforschbare. Nirgendwo türmen sich mehr hoffnungslos-unübersteigliche Schranken auf; vielmehr ladet ein offenes Feld jeden, der es bebauen will, zur reichsten Ernte ein.

In Reclams Universal-Bibliothek erschien ferner:

Prof. Dr. Wilhelm Ostwald

Grundriß der Naturphilosophie

(Bücher der Naturwissenschaften. 1. Bd.)

Nr. 4992–93a

„Dieses Werk bildet den Einleitungsband zu der Sammlung ‚Bücher der Naturwissenschaft'. Es war ein guter Gedanke, mit dem allgemeinsten Teil und dem philosophischen Rüstzeug der Naturwissenschaft zu beginnen und ihn einem der berufensten und interessantesten Bearbeiter zu übertragen, der vielleicht die Möglichkeit einer spekulativen Vertiefung der Naturwissenschaften aufzuzeigen vermag. In Ostwald vereinigt sich ja Theorie und Praxis zu einheitlichem Guß. Selbstverständlich weist er auch in diesem klaren Grundriß auf den Kontakt der einzelnen Forschungsgebiete mit dem Allgemeinwissen, auf den Zusammenhang der allgemeinen Begriffsbildung mit dem Energiebegriff und zeigt die Möglichkeit, wie sich die energetischen Wertungen und fernere Wissensgebiete erweitern lassen. Er bietet auch hier seine energetische Naturphilosophie auf breiter erfahrungsmäßiger Grundlage. Das Büchlein ist fein erwogen, sehr klar und anregend geschrieben und trägt durchaus Stil und Farbe des Ostwaldschen Weltbildes." Literarisches Zentralblatt.

Verlag Philipp Reclam jun. Leipzig

Verlag Unesma G. m. b. H., Leipzig, Kantstr. 17

Von demselben Verfasser erschienen:

Die Farbenfibel

10. verb. Aufl. Mit 10 Zeichnungen und 252 Farben.

Enthält die Grundlagen der neuen Farbenlehre, ihre allgemeinsten Tatsachen und Gesetze in lehrhafter Form. Seitdem Anfang des Jahres 1917 die 1. Auflage schon innerhalb weniger Monate vergriffen war, folgen sich die neuen Auflagen in für ein wissenschaftliches Werk erstaunlich kurzen Zwischenräumen. Die Farbenfibel ist die grundlegende Veröffentlichung, welche den Siegeszug der neuen Farbenlehre in verheißungsvoller Weise eröffnete. Die beigegebenen 252 Farbenbeispiele wurden teils vom Verfasser persönlich, teils unter seiner unmittelbaren Aufsicht durch Handarbeit hergestellt und sind deshalb viel genauer, als gedruckte es sein können. Der Stand der Drucktechnik genügt heute bei weitem noch nicht, um Aufgaben wie die hier gestellten zu bewältigen. Gleichfalls mittels Handarbeit sind die 252 Muster eingeklebt.

Der Lehrstoff wird abgehandelt in den 6 Abschnitten:

1. Die unbunten Farben.
2. Die bunten Farben.
3. Hellklare und dunkelklare Reihen.
4. Die trüben Farben.
5. Der Farbkörper.
6. Die Harmonie der Farben.

„Von den mannigfachen Schriften Ostwalds über das Thema ist die einfachste, freilich auch die gedrängteste, die „Farbenfibel", in ihrer prachtvollen Ausführung mit lauter handgestrichenen, handgeklebten Illustrationen zugleich ein Beweis, was auch in dieser Zeit der Leistungsverlotterung und der Ausstattungsverkommenheit die peinlichste Sorgfalt und unerbittliche Energie eines leitenden Geistes vermag ..."

Prof. Hellpach, Karlsruhe, in „Der Tag".
14. September 1921.

Verlag Unesma G. m. b. H., Leipzig, Kantstr. 17

Seit 1921 erscheint:

Die Farbe

Sammelschrift für alle Zweige der Farbkunde. In zwanglosen Mappen. Herausgegeben von Wilhelm Ostwald.

Bezugsmöglichkeiten: Subskription auf alles Erscheinende — auf einzelne Abteilungen — Einzelbezug.

Bisher erschienen: (Die Abhandlungen ohne Autorangabe stammen vom Herausgeber)

In Abteilung I:

Mathetische Farbenlehre

1. Die Sammelschrift als Zukunftsform des Schrifttums und die Sammelschrift „Die Farbe". — 5. Die Anordnung aller Farben in Reihen und Flächen. — 6. Abgekürzte Farbsysteme. — 7. Farbenstenographie. — 8. Entwicklung und Bedeutung der Farbzeichen. — 15. Die Grundlagen der Farbnormen. — 27. A. v. Lagorio, Über die wissenschaftlichen Aufgaben der Werkstelle für Farbkunde. — 28. 29. 34. J. H. Lambert, Farbenpyramide. 37. Der Normenatlas und die Farborgel. — 38. Über die Bezeichnung der Farbtöne und der Farbnormen. — 39. Die logarithmische Grauleiter. — 40. Ph. O. Runge, Farbkugel.

In Abteilung II:

Physikalische Farbenlehre

11. Die beste Korngröße. — 19. 31. Die Lehre von der Deckung. 35. Neue Fortschritte der Maltechnik

In Abteilung III:

Chemische Farbenlehre

4. Goldschmidt, Die weißen Farben in Natur und Technik. — 12. Definition und Messung der Ausgiebigkeit der Farbstoffe. — 20. Zur Lichtempfindlichkeit der Farbstoffe. 32. Mikrochemische Untersuchung des Malgrundes der Cusanischen Himmelskugel.

In Abteilung IV:

Physiologische Farbenlehre

26. Neue Forschungsmethoden zur Physiologie des Auges.

Preis auf Anfrage

Verlag Unesma G. m. b. H., Leipzig, Kantstr. 17

In Abteilung V:

Psychologische Farbenlehre

16. Haben die subjektiven Kontrasterscheinungen einen Einfluß auf die Messung und Harmonie der Farben? — 24 C. Paul und W. Ostwald, Die Lieblingsfarben der Kinder.

In Abteilung VI:

Unterricht und Erziehung

10. Schaller und Bühler, Die neue Farbenlehre im allgemeinbildenden Zeichen- und Kunstunterricht. — 13. Dorias, Klassenübungen im Sinne der Ostwaldschen Farbenlehre. — 18. Neue Fortschritte in der Aquarelltechnik. — 22. Das geniale Alter.

In Abteilung VII:

Reine und angewandte Kunst

2. Krüger, Farbnormen in der Praxis. — 3. Die Geburtsstunde der Farbkunst. — 9. Die Harmonie der Form. — 14. Die Quellen der Kunst. — 23. Das Auge und die Schule. — 30. Gräff, Die Kunstwissenschaft und die Farbe. (I.) — 33. Winkler, Das Farbenspiel und der Kreis der Künste. 36. Natur und Kunst.

In Abteilung VIII:

Technik und Industrie

17. Der Normendruck nebst Bemerkungen über die Gesetze der Farbenmischung und der Dreifarbendruck. — 21. Die additive Farbenmischung und ihre Bedeutung für die Webstoffindustrie. — 25. Die Untersuchung gemischter Webstoffe auf ihre farbigen Anteile und deren Messung.

Um die Abhandlungen aus der Sammelschrift „Die Farbe" bequem und getrennt nach den einzelnen Abteilungen aufzuheben, dienen unsere

Sammelmappen

mit verstellbarer Rückenbreite

aus imitierter Eselshaut mit solidem Leinwandrücken. Jede Mappe reicht für viele Jahre.

Ausführliche Prospekte unberechnet und portofrei

Verlag Unesma G. m. b. H., Leipzig, Kantstr. 17

Der Normenatlas

680 Farben mit Gebrauchsanweisung und wissenschaftlicher Beschreibung.

Ausgabe A (in 4 Kästen)

„Der Normenatlas" stellt sich dar als die zweite Auflage des in der Originalauflage seit Mitte 1921 vollständig vergriffenen Großen Farbenatlas. Wie den Kennern des Systems bekannt ist, fällt die Prägung des Begriffes der Normen und ihre Festlegung zeitlich erst hinter die Entstehung des jetzt vergriffenen Farbenatlas. Die Normen — durch die bisherigen Veröffentlichungen nur in den „Farbtonleitern" und in den „Farbkreisen" gegeben — haben nunmehr auch in den „Normenatlas" Eingang gefunden. Durch die Beschränkung auf die 680 Normen ist der neue Atlas handlicher geworden als der alte. Die bewährte technische Einrichtung der 1. Auflage wurde erhalten, jedoch das Färbeverfahren bedeutend vervollkommnet. Die Herausgabe erfolgt in 4 Lieferungen von etwa März 1923 ab. Auf den „Normenatlas" warten Hunderte von Interessenten, denen seit Mitte 1921 nicht mehr mit Lieferung gedient werden konnte.

Der Farbkörper

und seine Anwendung zur Herstellung farbiger Harmonien

2. Aufl. 12 Tafeln und Text.

Dient als abgekürzter Farbatlas, noch mehr aber als ein ungemein ausgiebiges Hilfsmittel zur Auffindung und Bestimmung harmonischer Farbverbindungen. Derart in Farben ausgeführte Hauptschnitte gewähren einen außerordentlich schönen Anblick. Da genau eingestellte Farbharmonien bisher überhaupt nicht bekannt waren, wirken sie mit der ganzen Kraft einer ersten Offenbarung.

Erscheinungstermin der 2. Auflage etwa Mitte 1924.

Preise auf Anfrage

Verlag Unesma G. m. b. H., Leipzig, Kantstr. 17

Die Harmonie der Formen

Mit 106 Figuren im Text.

Es handelt sich wieder wie bei der Farbharmonik um das Eindringen der klaren Wissenschaft in ein bisher vernebeltes Gebiet und um eine neue Anwendung desselben ästhetischen Hauptsatzes, welcher der Farbharmonik zugrunde liegt und der sich durch die Gleichung darstellen läßt: Gesetzlichkeit = Harmonie.

Auch in der Welt der Formen kann man die grundsätzliche Frage stellen und beantworten: welches sind die einfachsten gesetzlichen Formen? Und man kann durch den psychologischen Versuch feststellen, daß diesen auch der erste und allgemeinste schönheitliche Wert zukommt.

Die Welt der Formen

Entwicklung und Ordnung der gesetzlich schönen Formen

Gezeichnet und beschrieben von Wilhelm Ostwald.

Erste Mappe: Die gespiegelten Knotenlinien des ersten bis fünften Dreiecks. 62 Muster mit Text.

Zweite Mappe: Die Knotenlinien der Quadrate 1—4. 57 Muster mit Text.

Dritte Mappe: Gespiegelte Knotenlinien der Sechsecke 1—3. 70 Muster mit Text.

Weitere Mappen folgen.

Während „Die Harmonie der Formen" nur die allgemeine Lehre von den gesetzlichen Formen darlegt und einen Überblick über die Gesamtheit der denkbaren und möglichen schönen Formen gewinnt, demgemäß also weitgehende Zurückhaltung in der Ausarbeitung der Einzelheiten beobachten mußte, schreitet „Die Formenwelt" auf dem eingeschlagenen Wege nunmehr vorwärts zu Sonderforschungen.

„Die Formenwelt" erscheint als Subskriptionswerk in möglichst kurzen Zwischenräumen in Mappen, deren jede aber auch einzeln erhältlich ist.

Die mitgeteilten Muster werden allen Besitzern des Werkes zur künstlerischen und technisch-industriellen Verwertung freigegeben.

Verlag Unesma G. m. b. H., Leipzig, Kantstr. 17

Tafeln zur Veranschaulichung der Farbenlehre

Um dem vielfach auftretenden Bedürfnis nach Lehrmitteln für den Unterricht einer größeren Schülerzahl entgegenzukommen, werden Tafeln von der Größe 78 × 100 cm, handgemalt auf zähem Papier, ausgegeben, welche folgendes enthalten:

Tafel 1. Die 8 unbunten Normen a c e g i l n p.
Tafel 2. Die 8 Hauptfarben (Kreis n a).
Tafel 3. Die 24 Farbtonnormen (Kreis n a).
Tafel 4. Ein farbtongleiches Dreieck (Farbton 17), enthaltend 36 Farben.
Tafel 5. Weißreicher Farbkreis e a (24 Farben).
Tafel 6. Schwarzreicher Farbkreis n i (24 Farben).

Diese Tafeln genügen für den grundlegenden Unterricht; sie sind insbesondere auch für Vorlesungen in Physik, Physiologie, Psychologie usw. von größtem Nutzen.

Farbnormen u. Farbharmonien

2. Auflage. Mit einer Abbildung.

Eine ebenso inhaltreiche wie gedrängte Übersicht über das ganze System der neuen Farbenlehre und deshalb zur Einführung und zur schnellen Gewinnung eines Überblicks außerordentlich geeignet.

Verlangen Sie unseren Prospekt über malfertige Farben und Buntpapiere, ferner über optische Apparate zur Farbmessung usw.

Die Bücher der Naturwissenschaft

aus Reclams Universal-Bibliothek

1. Bd. Grundriß der Naturphilosophie. Von Prof. Dr. Wilhelm Ostwald. Mit Bildnis. Nr. 4992–93a
2. u. 3. Bd. Geschichte der Naturwissenschaften. Von Prof. Dr. Siegm. Günther. Mit dem Bildnis des Verfassers, 4 farbigen und 12 schwarzen Tafeln. Nr. 5069/70, 5071–74
5. Bd. Licht und Farbe. Von Prof. Dr. Rob. Geigel. Mit 1 Porträt, 4 bunten Tafeln und 75 Zeichnungen im Text. Nr. 5188–90
6. Bd. Der Sternhimmel. Von Dr. August Kühl. Mit 4 farbigen, 9 schwarzen Tafeln und 35 Zeichnungen im Text. Nr. 5228–30
7. Bd. Die Abstammungslehre. Von Prof. Dr. K. Lampert. Mit Bildnis des Verfassers, 4 farbigen, 7 schwarzen Tafeln u. 9 Abbildungen im Text. Nr. 5241–43
8. Bd. Die chemischen Grundstoffe. Von Dr. Karl Wiesler. Mit 4 bunten Tafeln, 2 Tabellen und 14 Figuren im Text. Nr. 5269/70
9. u. 14. Bd. Die Elektrizität. Von Prof. Franz Adami. Mit 1 Bildnis, 4 farbigen, 12 schwarzen Tafeln und 118 Textfiguren. Nr. 5298/99, 5478–80
10. Bd. Die Wärme. Von Prof. Dr. Robert Geigel. Mit 4 Tafeln u. 32 Zeichnungen im Text. Nr. 5321–23
11. Bd. Chemie und Technik. Von Dr. Günther Bugge. Mit 7 Tafeln u. 14 Zeichnungen im Text. Nr. 5348–50
12. Bd. Das Klima. Von Prof. Dr. E. Alt. Mit 3 farbigen Erdkarten u. 4 Zeichnungen im Text. Nr. 5431/32
15. Bd. Vom Keim zum Leben. Von Prof. Dr. Kurt Lampert. Mit 4 bunten, 8 schwarzen Tafeln und 13 Abbildungen im Text. Nr. 5501–3
16. Bd. Schnee und Eis der Erde. Von Prof. Dr. H. Wieleitner. Mit 16 Tafeln und 26 Abbildungen im Text. Nr. 5521–23

18. u. 19. Bd. Der Wirbeltierkörper. Von Dr. Fr. Hempelmann. Mit 4 bunten, 4 einfarbigen Tafeln und 133 Abbildungen im Text. Nr. 5609/10, 5611–13

20. Bd. Meereskunde. Von Prof. Dr. Adolf Pahde. Mit 3 farbigen Karten, 7 schwarzen Tafeln, 1 Porträt und 13 Abbildungen im Text. Nr. 5632–34

22. u. 23. Bd. Der Säugetierorganismus und seine Leistungen. Von Prof. Dr. Ernst Th. v. Brücke. Mit 4 bunten, 6 einfarbigen Tafeln und 49 Zeichnungen im Text. Nr. 5678–80, 5681–83

24. Bd. Das Süßwasser der Erde. Von Prof. Dr. W. Halbfaß. Mit 1 Porträt, 14 Tafeln und 13 Abbildungen im Text. Nr. 5708–10

25. Bd. Pflanzenkrankheiten. Von Dr. Heinz Welten. Mit 2 bunten, 3 schwarzen Tafeln und 76 Abbildungen im Text. Nr. 6031–34

26. Bd. Einführung in die Farbenlehre. Von Wilh. Ostwald. Mit 1 unbunten, 2 bunten Tafeln und 17 Zeichnungen im Text. Nr. 6041–44

27. u. 28. Bd. Pflanzenkunde. Von Dr. E. Ulbrich. Mit 6 schwarzen, 8 bunten Tafeln und 152 Abbildungen im Text. Nr. 6109–15, 6116–22

29. Bd. Entwicklung und Brutpflege im Tier- und Pflanzenreiche. Von Prof. Dr. Kurt Lampert. Mit 4 bunten, 7 schwarzen Tafeln und 7 Abbildungen im Text. Nr. 6156–58

30. Bd. Die Steinkohle, ihr Wesen und Werden. Von Prof. Dr. Henry Potonié. Mit 3 Tafeln und 12 Abbildungen im Text. Nr. 6212–14

31. Bd. Wind und Wetter. Von Prof. Dr. Eugen Alt. Mit 4 Tafeln u. 10 Zeichnungen im Text. Nr. 6587/88

Näheres über Einbände und Preise ist aus dem neuesten Verzeichnis der U.-B. ersichtlich, das in jeder Buchhandlung oder gegen Portoeinsendung vom Verlag zu haben ist

Die Bücher der Naturwissenschaft

wollen den Bedürfnissen aller derer dienen, die sich über die reichen Ergebnisse der modernen naturwissenschaftlichen Forschung unterrichten wollen. Wer wünschte nicht zu wissen, welcher Art die Naturkräfte sind, die der Mensch in immer höherem Maße sich dienstbar macht? Die Wunder der Sternenwelt locken immer wieder, und auch unser Stern, die Erde, gibt der Wissenschaft noch manche Frage auf. Noch näher aber liegen uns die Tatsachen des eigenen körperlichen Daseins und die damit verbundenen Fragen der Abstammungslehre und Biologie.

---

1. Band. Grundriß der Naturphilosophie. Von Prof. Dr. Wilhelm Ostwald. Mit dem Bildnis des Verfassers. Nr. 4992–93a

2. Band. Geschichte der Naturwissenschaften. Von Prof. Dr. Siegm. Günther. I. Teil. Mit dem Bildnis des Verfassers, 2 farbigen und 4 schwarzen Tafeln. Nr. 5069/70

3. Band. Geschichte der Naturwissenschaften. Von Prof. Dr. Siegm. Günther. II. Teil. Mit 2 farbigen und 8 schwarzen Tafeln. Nr. 5071–74

5. Band. Licht und Farbe. Von Prof. Dr. Rob. Geigel. Mit 1 Porträt, 4 bunten Tafeln u. 75 Zeichnungen im Text. Nr. 5188–90

6. Band. Der Sternhimmel. Von Dr. August Kühl. Mit 4 farbigen, 9 schwarzen Tafeln und 35 Zeichnungen im Text. Nr. 5228–30

7. Band. Die Abstammungslehre. Von Prof. Dr. Kurt Lampert. Mit dem Bildnis des Verfassers, 4 farbigen, 7 schwarzen Tafeln und 9 Abb. im Text. Nr. 5341–43

8. Band. Die chemischen Grundstoffe. Von Dr. Karl Wiesler. Mit 4 bunten Tafeln, 2 Tabellen und 14 Figuren im Text. Nr. 5269/70

9. Band. Die Elektrizität. Von Prof. Franz Adami. I. Teil. Mit 1 Porträt, 4 schwarzen Tafeln u. 29 Textfiguren. Nr. 5298/99. Teil II s. 14. Bd.

10. Band. Die Wärme. Von Prof. Dr. Robert Geigel. Mit 4 Tafeln u. 32 Zeichnungen im Text. Nr. 5321–23

11. Band. Chemie und Technik. Von Dr. Günther Bugge. Mit 7 Tafeln und 14 Zeichnungen im Text. Nr. 5348–50

12. Band. Das Klima. Von Dr. Eugen Alt. Mit 3 farbigen Erdkarten und 4 Zeichnungen im Text. Nr. 5431/32

14. Band. Die Elektrizität. Von Prof. Franz Adami. II. Teil. Mit 4 farbigen und 8 schwarzen Tafeln, 89 Zeichnungen im Text und einem Gesamtregister für „Elektrizität" I u. II. Nr. 5478–80. Teil I s. 9. Bd.

15. Band. Vom Keim zum Leben. Von Prof. Dr. Kurt Lampert. Mit 4 bunten, 8 schwarzen Tafeln und 13 Abbildungen im Text. Nr. 5501–3

16. Band. Schnee und Eis der Erde. Von Prof. Dr. H. Wieleitner. Mit 16 Tafeln und 26 Abbildungen im Text. Nr. 5521–23

18. Band. Der Wirbeltierkörper. Eine vergleichende Anatomie von Dr. Fr. Hempelmann. I. Teil. Mit 2 bunten, 2 einfarbigen Tafeln und 62 Abbildungen im Text. Nr. 5609/10

19. Band. Der Wirbeltierkörper. Eine vergleichende Anatomie von Dr. Fr. Hempelmann. II. Teil. Mit 2 bunten, 2 einfarbigen Tafeln, 71 Abbildungen im Text und einem Gesamtregister für „Der Wirbeltierkörper" I u. II. Nr. 5611–13

20. Band. Meereskunde. Von Prof. Dr. Adolf Pahde. Mit 3 farbigen Kartenbeilagen, 7 schwarzen Tafeln, 1 Porträt und 13 Abbildungen im Text. Nr. 5632–34

22. Band. Der Säugetierorganismus und seine Leistungen. Von Prof. Dr. Ernst Th. v. Brücke. I. Teil. Mit 4 bunten, 3 einfarbigen Tafeln und 21 Zeichnungen im Text. Nr. 5678–80

23. Band. Der Säugetierorganismus und seine Leistungen. Von Prof. Dr. Ernst Th. v. Brücke. II. Teil. Mit 3 Tafeln, 28 Zeichnungen im Text und einem Gesamtregister für „Der Säugetierorganismus und seine Leistungen" I u. II. Nr. 5681–83

24. Band. Das Süßwasser der Erde. Von Prof. Dr. W. Halbfaß. Mit einem Porträt, 14 Tafeln und 13 Abbildungen im Text. Nr. 5708–10

25. Band. Pflanzenkrankheiten. Von Heinz Welten. Mit 2 bunten, 3 schwarzen Tafeln und 76 Abbildungen im Text. Nr. 6031–34

26. Band. Einführung in die Farbenlehre. Von Wilh. Ostwald. Mit 1 unbunten, 2 bunten Tafeln und 17 Zeichnungen im Text. Nr. 6041–44

27. Band. Pflanzenkunde. Von Dr. E. Ulbrich. I. Band. Mit 3 schwarzen, 4 bunten Tafeln und 55 Abbildungen im Text. Nr. 6109–15

28. Band. Pflanzenkunde. Von Dr. E. Ulbrich. II. Band. Mit 3 schwarzen, 4 bunten Tafeln und 97 Abbildungen im Text. Nr. 6116–22

29. Band. Entwicklung und Brutpflege im Tier- und Pflanzenreiche. Von Prof. Dr. Kurt Lampert. Mit 4 bunten, 7 schwarzen Tafeln und 7 Abbildungen im Text. Nr. 6156–58

30. Band. Die Steinkohle, ihr Wesen und Werden. Von Prof. Dr. Henry Potonié. Mit 3 Tafeln und 12 Abbildungen im Text. Nr. 6212–14

31. Band. Wind und Wetter. Von Dr. Eugen Alt. Mit 4 Tafeln u. 10 Zeichnungen im Text. Nr. 6587/88

32. Band. Ins Innere des Atoms. Von Hanns Günther. Mit 4 Tafeln u. 39 Bildern im Text. Nr. 6907–9

Naturwissenschaftliche, naturphilosophische und verwandte Werke

in Reclams Universal-Bibliothek

Alt, Dr. Eugen: Der Krieg im Zeitalter der Naturwissenschaften und der Technik. Nr. 5797–99

Arnold, Friedr.: Einheimische Stubenvögel. Neue, umgearbeitete Ausgabe von Carl W. Neumann. Band 1. Insektenfresser. Nr. 3399. Band 2. Körner- und Allesfresser. Nr. 3443

Bölsche, Wilhelm: Lichtglaube. Stunden eines Naturforschers. Nr. 6761–64

Brehm, A. E.: Das Leben der Vögel. I, II, III. Nr. 6275, 6276, 6277

– Kreuz und quer durch Nordostafrika. Erlebnisse und Ergebnisse einer Naturforscherreise. Mit 4 Bildtafeln. Nr. 6712–15

– Eine Auswahl aus „Brehms Tierleben", herausgegeben von Carl W. Neumann.

Die Säugetiere. Nr. 6324

Die Menschenaffen. Mit einer Bildtafel und einem Anhang: Neuere Beobachtungen an Menschenaffen. Nr. 6332/33

Affen und Halbaffen. Nr. 6402/3

Riesen der Tierwelt: Elefant, Nashorn, Flußpferd. Nr. 6362/63

Die Raubtiere. 1. Teil: Katzenartige Raubtiere. Nr. 6397 und 6398

Die Raubtiere. 2. Teil: Hundeartige Raubtiere, Hyänen, Marder, Bären. Nr. 6416–18

Brehm, A. E.: Auswahl aus „Brehms Tierleben" (Fortsetzung).

Die Haushunde. Mit einem Anhang: Zur Stammesgeschichte der Haushunde. Nr. 6382/83

Die Haustiere und ihre wilden Verwandten. Nr. 6472 und 6473

Hirsche und Antilopen. Nr. 6426/27

Nagetiere. — Insektenfresser. Nr. 6433/34

Die Singvögel. Nr. 6482–85

Die Raubvögel. Nr. 6492–94

Hühnervögel, Tauben, Gänse und Enten. Nr. 6522/23

Papageien. Nr. 6502

Kriechtiere und Lurche. Nr. 6512–16

Carthaus, Dr. Emil: Auf der Suche nach dem Pithekanthropus, dem „Affenmenschen" von Java. Mit 1 Bildtafel. Nr. 6854

Darwin, Charles: Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl. Neu übersetzt und herausgegeben von Carl W. Neumann. Mit einem Bildnis Darwins. Nr. 3071–78

— Die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl. Neu übersetzt und herausgegeben von Carl W. Neumann. Mit 78 Abbildungen. Nr. 3216–20a, b, c und 3221–25a, b

Faraday, Michael: Naturgeschichte einer Kerze. Mit Faradays Bildnis und 37 Abb. im Text. Nr. 6019/20

Flammarion, C.: Komet und Erde. Eine astronomische Erzählung. Autorisierte Übersetzung aus dem Französischen von J. Cassirer. Nr. 5183

Haeckel, Ernst: Natur und Mensch. Sechs Abschnitte aus seinen Werken. Herausgegeben und mit einer biographischen Einleitung versehen von Carl W. Neumann. Nr. 5404/5

Hufeland, Chr. Wilh.: Makrobiotik oder die Kunst, das menschliche Leben zu verlängern. Nr. 481–84

Humboldt, Alexander v.: Ansichten der Natur. Herausgegeben und eingeleitet von Wilh. Bölsche. Nr. 2948 bis 2950a, b

Kant, Immanuel: Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels. Nr. 1954/55

Krancher, Prof. Dr. O.: Biene und Bienenzucht. Mit zahlreichen Abbildungen. Nr. 6732–34

Lange, F. A.: Geschichte des Materialismus und Kritik seiner Bedeutung in der Gegenwart. Nr. 4825–30, 4831–36a

Lillge, Dipl.-Ing. G.: Radiotechnik. Wege durch Theorie und Praxis. Mit 92 Abbildungen. Nr. 6776–78

Lombroso, Cesare: Genie und Irrsinn in ihren Beziehungen zum Gesetz, zur Kritik und zur Geschichte. Nr. 2312–16

– Genie und Entartung. Nr. 5218–20

Neumann, Carl W.: Wunder der Urwelt. Naturwissenschaftliche Plaudereien. Nr. 5450, 5695, 5723

Peter, Joh.: Das Aquarium. Ein Leitfaden bei Einrichtung und Instandhaltung des Süßwasser-Aquariums und der Pflege seiner Bewohner. Mit 8 Tafeln und 11 Abbildungen. Nr. 3955

Schelling, F. W. J.: Clara oder Über den Zusammenhang der Natur mit der Geisterwelt. Ein Gespräch. Fragment. Nr. 5619/20

Schopenhauer, Arthur: Farbenlehre. (Sämtliche Werke Bd. VI. Nr. 2861–65

Aus den Besprechungen

„Von den guten Sammlungen naturwissenschaftlichen Inhalts ist eine zu nennen, die in dem Bahnbrecherverlage billiger guter Literatur, bei Philipp Reclam jun. in Leipzig, erschienen ist, das sind die ‚Bücher der Naturwissenschaft'. Unter diesen Bändchen sind einige ganz vorzügliche Werkchen erschienen. Zwar hat der Verlag auch früher schon gute naturwissenschaftliche Schriften in seiner Universal-Bibliothek gehabt, aber neuerdings betreibt er den Ausbau dieser Sammlung systematisch." Urania.

„Die Bücher der Naturwissenschaft haben sich rasch einen ersten Platz auf dem Gebiete der naturwissenschaftlichen allgemeinverständlichen Literatur erobert. Man braucht nur die neuerdings erschienenen Bände zu lesen, um sich immer wieder von neuem von dem großen Wert dieser Publikationen zu überzeugen. Wir empfehlen die Bücher den Ärzten." Repertorium der prakt. Medizin.

(Bd. 2/3.) „Der Verfasser bietet darin eine zur Orientierung in diesem gewaltigen Bereiche des Forschens ganz vorzüglich geeignete ‚zusammenfassende Darstellung des Werdeganges der gesamten Naturwissenschaften', die bisher fehlte. Mit sicherem Scharfblick hat Professor Günther überall die Hauptmomente herauszuheben verstanden und dadurch ein recht übersichtliches, nutzbringendes Werk geschaffen, das wir gern empfehlen." Kosmos.

(Bd. 2/3.) „Die bewährte Feder des kundigen Verfassers hat hier die möglichste Vollständigkeit und Ausgeglichenheit angestrebt und mit dem Feinsinn des Fachgelehrten auch die tiefer liegenden geschichtlichen Verbindungen zu nuancieren verstanden. Vor allem in bezug auf die Entwicklungen der Physik, Astronomie und geographisch-geologischen Disziplinen. Ganz besonders da gibt Günther (ohne den Rahmen einer Kompendiumdarstellung zu sprengen) famose Skizzen aus der Geschichte der Naturforschung, die vorbildlich sind."
Literarisches Zentralblatt für Deutschland.

Aus den Besprechungen

(Bd. 5.) „In einem Bändchen, das weniger als 200 Seiten im kleinen Format der Reclamschen Universal-Bibliothek umfaßt, bringt der Verfasser es fertig, das gesamte Gebiet der theoretischen wie der praktischen Optik im wesentlichen erschöpfend darzustellen. In der Anordnung und Gliederung des reichhaltigen Stoffes ist der Verfasser recht glücklich gewesen. Das Buch steht, was die Wahl des Stoffes anbetrifft, durchweg auf der Höhe der modernen Forschung. Was die Art des Vortrages selbst anbelangt, so schreitet die Darstellung konsequent von dem Bekannten zu dem Unbekannten vor; die Definitionen sind klar und präzise, die Sprache leicht und verständlich." Vorwärts.

(Bd. 7.) „Wer das Büchlein des Oberstudienrats Prof. Dr. Lampert mit Verständnis gelesen hat — und es ist leicht zu verstehen dank seiner klaren Darstellungsweise —, wer die vielen verschiedenen Theorien und Hypothesen überblickt, der wird nicht verstehen, wie man vom Grabe des Darwinismus reden kann. Lampert gibt ein gutes Bild von der Strömung, die sich heute auf dem Gebiete der Abstammungslehre zeigt, für alle die, die nicht Gelegenheit und Vorkenntnis genug besitzen, aus den Urquellen zu schöpfen. Möge das Buch endlich die Unklarheit, die das Wort Darwinismus bedingt, beseitigen, dann hat der Verfasser seinen schönen Zweck erreicht."
Leipziger Volkszeitung.

(Bd. 7.) „Das Buch selbst widmet allen Forschungen eine ausgiebige Beachtung. Mit sicherer Gründlichkeit werden die einzelnen Anschauungen kritisch besprochen, und zahlreiche Beispiele vermitteln das Verständnis. Das Buch liest sich außerordentlich leicht. Im Hinblick auf die schwierigen, zur Darstellung gebrachten Probleme war es eine Kunst, den vielseitigen und spröden Stoff in einer Arbeit von geringem Umfange so klar und anschaulich zu behandeln. Unter den vielen Werken, die sich mit der Entwicklungsgeschichte des Lebewesens befassen, ist die ‚Abstammungslehre' Lamperts eine der kürzesten, klarsten und übersichtlichsten." Zeitschrift für Realschulwesen.

„Wir dürfen mit dem Reclam-Verlag stolz sein auf diese Sammlung, und wir freuen uns, daß wir für einen lächerlich geringen Preis so gehaltvolle Werke haben können." Sonde.

896. 9./28.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

PS-B7988

Bücherfreunde erhalten vollständige Verzeichnisse der Universal-Bibliothek durch die Buchhandlungen oder den Verlag!

„Reclam" bedeutet eine Station der Volksbildung auf der Erde. Wilhelm Bölsche.

„Wer eine Kulturgeschichte des deutschen Volkes schreiben will, muß Reclams Universal-Bibliothek besonders erwähnen. Sie ist ein Werk, um das uns andere Völker beneiden. Viele Tausende haben aus ihr die Leitfadenkenntnisse zu lebendigem Wissen erweitert. Es ist erst einige Wochen her, da trat ein Professor in eine stille Einschichte am Walde ein. Er kam mit dem Einödbauern in ein längeres Gespräch und staunte über dessen Wissen. Auf die Frage nach der Quelle seines Wissens öffnete der Bauer einen Schrank. Darin standen neben anderen Büchern viele, viele kleine Bändchen der Universal-Bibliothek aus verschiedenen Geistesgebieten. Ein lehrreiches Exempel! Die Reclam-Bücher haben schöne große gotische Lettern, so daß nicht bloß Herz und Hirn, sondern auch die Augen ihre Freude haben. Die gebundenen Ausgaben tragen einen gefälligen Einband und stehen schmuck in jedem Bücherschrank."

Eine Stimme aus dem Grenzland.

Druck und Verlag Philipp Reclam jun., Leipzig